Tendances nouvelles de l'enseignement de la biologie

Vol. IV

Préparé par
Anne J. Souchon-Rouyer
Lycée Lakanal
92330 Sceaux (France)
et par
A. Sasson, professeur
Faculté des sciences
Rabat (Maroc)



L'enseignement des sciences fondamentales

Dans cette collection :

A survey of the teaching of physics at universities. Prepared under the auspices of the International Union of Pure and Applied Physics. 1966.

L'enseignement de la physique dans les universités. Etude rédigée sous les auspices de l'Union internationale de physique pure et appliquée. 1966.

News trends in biology teaching/Tendances nouvelles de l'enseignement de la biologie. Prepared by/Préparé par R. Heller, professeur de physiologie végétale, Faculté des sciences, Université de Paris (France).

Vol. I : 1966
Vol. II : 1966-67
Vol. III 1971
Vol. IV : 1976

News trends in chemistry teaching/Tendances nouvelles de l'enseignement de la chimie. Edited for Unesco by/Préparé pour l'Unesco par E. Cartwell, Deputy Director of Laboratories, Department of Chemistry, University of Southampton (United Kingdom/Royaume-Uni).

Vol. : 1964-1865
Vol. II : 1966-1967
Vol. III : 1972

New trends in mathematics teaching/Tendances nouvelles de l'enseignement des mathématiques. Prepared by the International Commission of Mathematical Instruction (ICMI)/Préparé par la Commission internationale de l'enseignement mathématique (CIEM).

Vol. I : 1966
Vol. II : 1970
Vol. III : 1972

News trends in physics teaching/Tendances nouvelles de l'enseignement de la physique. Prepared by/Préparé par M. W. Knecht, professeur de physique, Lausanne (Switzerland/Suisse).

Vol. I : 1965-1966
Vol. II : 1970. Edited for Unesco by/Préparé pour l'Unesco par E. Nagy, Professor of Physics, Eötvös University, Budapest (Hungary/Hongrie).
Vol. III : 1976

Mathematics applied to physics/Mathématiques appliquées à la physique. By/par G. A. Deschamps, E. M. de Jager, F. John, J. L. Lions, N. Moisseev, F. Sommer, A. N. Tihonov, V. Tikhomirov, A. B. Vasil'eva, V. M. Volossov, D. J. A. Welsh, T. Yamanouchi. Editor/directeur de publication : E. Roubine.

News trends in integrated science teaching/Tendances nouvelles de l'intégration des enseignements scientifiques. Prepared by/Préparé par P. E. Richmond, Senior Lecturer in Education, University of Southampton (United Kingdom/Royaume-Uni).

Vol. I : 1969-1970

New trends in integrated science teaching. Edited by P. E. Richmond, Senior Lecturer in Education, University of Southampton (United Kingdom).

Vol. II : 1973

Tendances nouvelles de l'enseignement intégré des sciences. Publié sous la direction de P. E. Richmond, Senior Lecturer in Education, Université de Southampton (Royaume-Uni).

Vol. II : 1975

Tendances nouvelles de l'enseignement intégré des sciences : la formation des maîtres. Publié sous la direction de P. E. Richmond, Senior Lecturer in Education, Université de Southampton (Royaume-Uni).

Vol. III : 1976



Publié en 1977
par l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation,
la science et la culture, 7, place de Fontenoy,
75700 Paris

Imprimé par Duculot

ISBN 92-3-201402-5

New trends in biology teaching 92-3-101402-1
Nuevas tendencias en la enseñanza de la biologia 92-3-301402-9

Préface

Le développement des échanges internationaux d'idées et d'information joue un rôle important dans le programme Unesco d'amélioration de l'enseignement des sciences, à tous les niveaux et dans toutes les régions du monde. C'est pour favoriser de tels échanges que l'Unesco a entrepris la publication de la collection " L'enseignement des sciences fondamentales ". Trois volumes ou plus sont déjà parus pour les mathématiques, la physique, la chimie et la biologie. Ces ouvrages s'adressent à tous ceux qui s'intéressent à la rénovation de l'enseignement d'une discipline particulière — enseignants des universités et des établissements de formation des maîtres, fonctionnaires des ministères de l'éducation, professeurs de l'enseignement secondaire, élèves-maîtres, membres des comités d'examen, inspecteurs de l'enseignement, associations d'enseignants, etc.

Ce volume est le quatrième de la série des *Tendances nouvelles de l'enseignement de la biologie*, les trois premiers ayant paru en 1967, 1969 et 1971. Ces trois volumes ont permis de faire l'expérience des meilleurs moyens de diffuser au plus grand nombre d'enseignants, au moindre coût et le plus rapidement possible, une information utile sur le contenu moderne, les méthodes, les curriculums et les techniques de l'enseignement de la biologie. Chaque volume contenait non pas une analyse des tendances de cet enseignement mais un ensemble de documents reproduits (par exemple, des résumés des rapports de colloques ou de conférences, des articles extraits de périodiques connus) et d'articles originaux, ainsi que des informations diverses.

Les trois premiers volumes de la série ont été bien accueillis, mais on a estimé qu'il serait désormais plus utile de publier des ouvrages contenant des analyses actuelles des tendances et des problèmes, en ce qui concerne les divers aspects de l'enseignement de la biologie, à la lumière d'une étude détaillée des ouvrages récemment parus dans ce domaine ; de publier séparément les versions anglaise, française et espagnole de ces volumes ; et de faire paraître un volume tous les quatre ou cinq ans. Le présent volume des *Tendances nouvelles de l'enseignement de la biologie*, préparé conformément à cette nouvelle politique, diffère dans son contenu et dans son approche, mais non dans ses objectifs, de ceux qui l'ont précédé.

Il va de soi que les appellations employées dans cet ouvrage et la présentation des données qui y figurent n'impliquent, de la part du Secrétariat de l'Unesco, aucune prise de position quant au statut juridique de tel ou tel pays ou territoire, ou de ses autorités, ni quant au tracé de ses frontières.

Il convient, enfin, de préciser que les opinions exprimées dans les pages qui suivent sont celles des auteurs et non pas nécessairement celles de l'Unesco.

Remerciements

L'Unesco et la Commission de l'enseignement de l'Union internationale des sciences biologiques (UISB) sont particulièrement reconnaissantes aux auteurs des documents de travail présentés au Congrès d'Uppsala et à tous les participants à ce congrès dont la précieuse contribution a permis d'améliorer ces documents. Cette reconnaissance s'exprime en particulier à l'endroit des membres de la Commission de l'UISB et notamment de son président, le Dr R. Kille (Université d'Edimbourg) ainsi que des organisateurs sur place du congrès (Pr E. Kihlström et Dr S. Nilsson, Université d'Uppsala).

Les auteurs des documents de travail sont :

1. V. Basnayake, professeur, Department of Physiology, Faculty of Medical, Dental and Veterinary Sciences, University of Sri Lanka, Peradeniya (Sri Lanka).
2. Victor Host, professeur, 7, rue de la Croix-de-Bures, 91440 Bures-sur-Yvette (France). Institut national de la recherche et de la documentation pédagogiques (INRDP), 29, rue d'Ulm, 75230 Paris Cedex 05 (France).
3. Peter Kelly, professeur, et John Alan Barker, maître de conférences, Centre for Science Education, Chelsea College, Bridges Place, London SW6 4HR (Royaume-Uni).
4. William Mayer, professeur, Director of the Biological Sciences, Curriculum Study, P.O. Box 930, Boulder, CO 80302 (Etats-Unis d'Amérique).
5. J. Novak, professeur, New York State College of Agriculture and Life Sciences, Cornell University, Department of Education, Stone Hall, Ithaca, NY 14853 (Etats-Unis d'Amérique).
6. Henri Camefort, professeur, 2, square de l'Opéra, 75009 Paris (France). Université de Paris VII, place Jussieu, 75005 Paris (France).
7. Robert E. Lister, maître de conférences, 36, Cholmeley Lodge, Highgate Hill, London N6 5EN (Royaume-Uni).
8. George Rex Meyer, professeur, Center for Advancement of Teaching, Macquarie University, North Ride, NSW 213 (Australie).
9. Dr. M. Krasilchik, Caixa Postal 2921, Funbec, São Paulo (Brésil).
10. Fredrick Holliday, professeur, Department of Zoology, University of Aberdeen, Aberdeen AB9 2TN (Royaume-Uni).
11. David Lockard, professeur, Director, Science Teaching Centre, University of Maryland, College Park, MD 20742 (Etats-Unis d'Amérique).
12. Albert Sasson, professeur, Département de biologie végétale, Faculté des sciences, Université Mohamed V, Rabat (Maroc) ; et Division des sciences écologiques de l'Unesco.

L'Unesco et la Commission de l'enseignement de l'UISB sont également reconnaissantes aux professeurs K. Mellanby (directeur de l'Institute of Terrestrial Ecology, Huntington, Royaume-Uni) et T. Gustavsson (Institute Wenner-Gren, Stockholm, membre de l'Académie royale suédoise des sciences) pour leurs deux conférences pleines d'inspiration et très stimulantes. Le texte de ces deux conférences a été laissé dans sa présentation initiale.

La préparation de cet ouvrage et la traduction des textes de langue anglaise ont été faites par Mme Souchon-Rouyer (Lycée Lakanal, 92330 Sceaux, France) et par le professeur A. Sasson (Faculté des sciences, Rabat, Maroc).

Table des matières

Introduction

Le programme de l'Unesco en matière d'enseignement préuniversitaire des sciences et de la technologie a comme objectif essentiel d'organiser et de favoriser toutes les activités tendant à l'amélioration de l'enseignement des disciplines scientifiques au niveau préuniversitaire. Dans ce domaine, l'action de l'Organisation, notamment dans les pays en développement, a consisté à introduire, pour chaque discipline et sur une base régionale, des programmes d'amélioration de l'enseignement.

Dans le cas de la biologie, c'est le continent africain qui a été choisi pour la réalisation, entre 1967 et 1972, d'un projet pilote sur l'amélioration de l'enseignement de cette discipline. On a obtenu des résultats importants grâce au concours de groupes nationaux d'étude, mis en place dans les pays africains, grâce à des stages et à des séminaires d'une durée variant de quelques semaines à plusieurs mois, grâce, enfin, au concours de spécialistes et de pédagogues avertis, africains et étrangers. Parmi ces derniers on comptait plusieurs membres de la Commission de l'enseignement de l'Union internationale des sciences biologiques (UISB).

Afin de soutenir au niveau national les efforts de rénovation pédagogique qui englobent non seulement l'amélioration des programmes dans leur contenu et leurs méthodes, mais encore celle de la formation des maîtres et, surtout, l'adaptation de l'enseignement à son contexte social et culturel, l'Unesco a réalisé en 1971-1973 et publié en 1975 un *Livre du maître sur la biologie des populations humaines (Afrique et Asie)*, grâce à l'aide et à la coopération du Fonds des Nations Unies pour les activités en matière de population (UNFPA). Une version de cet ouvrage pour l'Amérique latine sera publiée en 1977. Son but est de fournir aux enseignants une documentation sur les conséquences des changements démographiques et en particulier de la croissance des populations humaines ainsi que sur les relations humaines entre les hommes et leur environnement.

Parallèlement aux efforts faits pour rendre l'enseignement de la biologie plus adapté aux besoins des pays membres de l'Unesco, la publication de la série intitulée *Tendances nouvelles de l'enseignement de la biologie* (dont 3 volumes ont été publiés) permettait d'assurer la diffusion des informations relatives aux activités internationales de rénovation de cet enseignement. Cette série représente en fait un instrument particulièrement utile de la communication entre les pays en même temps qu'une source de documentation précieuse pour tous ceux qui s'intéressent à l'enseignement de la biologie. De plus, et pour circonscrire et analyser l'évolution récente ainsi que les problèmes actuels de l'enseignement de la biologie (à tous les niveaux de ce dernier et pour toutes ses catégories), en particulier durant les cinq dernières années, pour également préparer un programme quadriennal d'action coopérative faisant intervenir des organisations internationales, régionales et nationales en vue d'améliorer encore cet enseignement, un congrès international fut organisé par la Commission de l'enseignement de l'UISB, sous contrat avec l'Unesco, en collaboration avec la Faculté de formation des maîtres (Teacher Training College) de l'Université d'Uppsala, du 8 au 12 septembre 1975 à Uppsala (Suède).

Afin de satisfaire aux objectifs du congrès, l'enseignement de la biologie fut scindé en douze thèmes. Pour chacun de ces thèmes, un document de travail fut préparé afin de :

Passer en revue, analyser et résumer l'évolution et les tendances caractérisant le sujet traité, d'après la bibliographie et d'autres documents ou d'autres informations provenant de toutes les régions du monde ;

Identifier les problèmes et les questions qui appellent des solutions, tels qu'ils découlent de l'analyse de la situation ;

Proposer des formes de coopération pour résoudre ces problèmes et faire face aux défis existant dans ce domaine ;

Elaborer une bibliographie sélective à l'intention de ceux qui souhaitent enrichir leurs connaissances.

Chaque auteur ne devait pas se contenter d'écrire un article qui s'ajouterait à la volumineuse bibliographie concernant l'enseignement de la biologie, mais plutôt s'efforcer de pré-

senter une analyse approfondie et un résumé de la bibliographie actuelle ainsi que les tendances caractérisant le sujet traité. Ces documents furent examinés et discutés par des groupes de travail durant le congrès, en présence de leurs auteurs. Outre une révision du contenu de chaque document relatif au niveau de l'enseignement (primaire, secondaire, universitaire) au type d'enseignement (formel ou non), au sujet précis (objectifs, méthodes, évaluation, etc.) dans le domaine envisagé, les groupes de travail ont apporté aux différents auteurs des informations précieuses sur la situation dans le monde et permis alors une approche plus internationale des problèmes. Les discussions ont en outre débouché sur des recommandations et des propositions d'action dans les divers domaines examinés.

Les documents révisés furent ensuite édités en tenant compte de la nécessité soulignée par la Commission d'enseignement de l'UISB et par l'Unesco d'avoir, dans chaque cas, une présentation équilibrée et approfondie de la situation passée et actuelle, accompagnée d'exemples bien choisis quant à leur provenance géographique; de pouvoir aussi disposer de propositions concrètes et réalisables devant guider les activités de l'Unesco durant les prochaines années. Ce travail d'édition concerna également, comme il se doit, l'ordre des documents, les rapports nécessaires entre eux, l'élimination de toute redondance inutile, de manière à offrir au lecteur une suite logique des thèmes et des études en même temps qu'une image fidèle de la contribution du congrès d'Uppsala. Les éditeurs sont néanmoins conscients des différences qui demeurent entre les chapitres de cet ouvrage, mais il s'agit là d'un aspect positif puisque ces différences reflètent les caractères originaux des contributions initiales.

Les documents révisés et édités correspondent aux chapitres de ce quatrième volume de la série *Tendances nouvelles de l'enseignement de la biologie.*

1. Evolution des buts et des objectifs de l'enseignement de la biologie

Ce chapitre concerne les buts et les objectifs au sens général et mondial. Il analyse les publications récentes ayant trait à la question : Pourquoi enseigner la biologie ? — pas seulement au futur biologiste ou à ceux dont les carrières font appel à cette discipline, mais à tous (par exemple grâce aux programmes périscolaires qui s'adressent aux jeunes et aux adultes). Ce chapitre circonscrit les problèmes controversés et les questions non résolues dans le domaine des objectifs de cet enseignement.

2. Evolution du contenu biologique de l'enseignement primaire et du premier cycle secondaire

Ce chapitre analyse les publications traitant de toutes les conséquences de l'introduction de la biologie (y compris la biologie humaine et sociale) dans les enseignements scientifiques, en particulier aux premiers niveaux scolaires. On y évoque les objectifs de cet enseignement de la biologie, ses méthodes, ses problèmes particuliers, la formation des maîtres, les questions d'intégration aux autres disciplines, etc.

3. Evolution et élaboration des nouveaux cours de biologie dans l'enseignement secondaire

Les progrès considérables réalisés dans le domaine de la connaissance ont remis en cause les méthodes traditionnelles de présentation et d'enseignement de ces connaissances biologiques. Ce chapitre passe en revue l'évolution récente ainsi que les problèmes relatifs à la rénovation des cours de biologie, au niveau secondaire, à la suite des progrès contemporains.

4. Evaluation et diffusion d'un curriculum

Ce chapitre concerne non pas le résultat des efforts de rénovation des curriculums en biologie, mais les processus ou les techniques employés pour évaluer et diffuser les nouveaux cours et programmes. Il y a, en effet, une grande différence entre l'amélioration apportée à l'enseignement de la biologie (cours, programme, manuel, etc.) et le fait d'assurer à cette amélioration la diffusion nécessaire et son adoption dans le système d'éducation national. Le succès de cette diffusion est largement fonction de facteurs propres à chaque pays — lois et politiques nationales, structures de prise de décision, degré d'autonomie des universités et des systèmes scolaires, niveau de développement national, etc. Il y a cependant des leçons à tirer d'une analyse comparée des différentes approches (et de leur succès) dans les divers pays. Ce chapitre résume l'expérience acquise dans ce domaine.

5. Compréhension des processus de l'apprentissage et efficacité des méthodes d'enseignement dans la classe, au laboratoire et sur le terrain

Bien que la science ait été enseignée pendant très longtemps, on sait par contre assez peu de choses sur les processus psychiques d'apprentissage par les élèves des concepts scientifiques, des principes, des attitudes, des savoir-faire, des faits, etc. Les recherches sur ces processus d'apprentissage se poursuivent et leurs résultats ont des conséquences sur les méthodes d'enseignement de la biologie. Sans revenir sur des faits connus et sur les théories établies (Piaget, Skinner, etc.), ce chapitre passe en revue les découvertes récentes et leurs effets sur l'enseignement de la biologie, en même temps que les problèmes contemporains et les recherches encore nécessaires.

6. Influence des nouveaux équipements et des moyens techniques d'enseignement sur l'enseignement de la biologie

Ce chapitre résume l'expérience acquise de par le monde dans l'utilisation des nouveaux équipements et des moyens d'illustration en vue de faciliter l'enseignement de la biologie. Le rôle de la technologie de l'éducation concerne non seulement les systèmes complexes et compliqués, mais aussi des moyens plus simples indispensables dans les situations de pénurie et de richesse relative. Il s'agit pour les premiers de l'instruction assistée par ordinateur, de la télévision nationale ou en circuit fermé, des enregistrements vidéo et des cassettes, des films en boucle, des matériels d'enseignement programmé, des moyens audio-visuels perfectionnés,

etc. On examine non seulement ce que ces équipements nouveaux peuvent rendre possible, mais encore la marge de succès caractérisant leur emploi.

Le chapitre concerne aussi l'évolution et les tendances manifestées dans la mise au point d'équipements peu coûteux, de trousses et autres ressources.

7. Evolution des moyens et des critères utilisés pour contrôler les résultats des étudiants

L'amélioration de l'enseignement scientifique a été dans plusieurs cas rendue assez inefficace par des systèmes d'examen rigides et périmés, par des méthodes de contrôle dont la nature et le contenu n'avaient pas été modifiés à la suite de la formulation des nouveaux objectifs et de la mise au point des méthodes nouvelles et des équipements récents. Ce chapitre passe en revue les tendances et les problèmes, aux divers niveaux de l'enseignement de la biologie, relatifs à l'adaptation des examens à ces changements ; il résume aussi les conséquences pour l'enseignement de la biologie des innovations dans le domaine des tests et des moyens de contrôle des progrès réalisés par les étudiants. Il souligne également le rôle de cette évaluation dans les relations quotidiennes entre le maître et les élèves.

8. Progrès dans la formation et le recyclage des professeurs de biologie

Les innovations récentes dans l'enseignement scientifique, notamment au niveau secondaire, entraînent des changements non seulement au niveau de ce que l'élève est censé apprendre, mais encore au niveau du rôle du maître dans cet apprentissage. Ces deux séries de changements nécessitent des modifications de la formation et du recyclage des professeurs. Ce chapitre résume les tendances et les problèmes dans ce domaine, à savoir l'équilibre entre connaissance biologique et pédagogie lors de la formation, concordance ou non entre la façon dont les enseignants apprennent la biologie et celle qu'ils utiliseront pour la faire apprendre à leurs élèves, les expériences acquises dans la modification du comportement des professeurs grâce à divers moyens de recyclage. Ce chapitre insiste sur les liens qui doivent exister entre la formation et le recyclage.

9. Evolution et problèmes relatifs à l'élaboration des cours de biologie propédeutiques (premier cycle universitaire)

Les enseignements de biologie dans le premier cycle universitaire ont été l'objet d'une attention particulière à la suite de plusieurs événements récents : accroissement considérable des inscriptions, pénurie d'équipements et de laboratoires, modifications des connaissances antérieures des étudiants (à la suite de l'amélioration de l'enseignement de la biologie au niveau secondaire), manque d'enseignants, etc. Ce chapitre résume l'évolution et les problèmes relatifs à l'élaboration des cours de biologie propédeutiques et rappelle les mesures à prendre dans ce domaine.

10. Contribution de la biologie à l'éducation scientifique du grand public et à son intérêt pour les sciences

Ce chapitre a trait à la partie biologique de toutes les activités qui se situent hors des programmes scolaires et qui visent à mieux faire connaître la science au grand public, de façon à le faire contribuer de manière satisfaisante à la société moderne. Il s'agit non seulement des activités périscolaires pour les jeunes (clubs scientifiques, foires scientifiques, etc.), mais aussi des moyens variés d'atteindre ce grand public (musées, parcs zoologiques, conférences, radio et télévision, journaux, etc.). Ce chapitre traite des buts de ces activités (présentation de faits, de concepts, formation des attitudes, etc.) et des techniques particulières qu'elles requièrent, en raison de la diversité des intérêts et des connaissances des publics concernés. Il considère également les difficultés particulières d'évaluation de l'efficacité de tels programmes.

11. Coopération régionale et internationale pour l'amélioration de l'enseignement de la biologie

Une mise au point générale sur les tendances de l'amélioration de l'enseignement de la biologie serait incomplète sans l'examen de l'état actuel, de l'évolution et des besoins de la coopération régionale et internationale dans ce domaine, à savoir le rôle des agences spécialisées des Nations Unies, des associations internationales et régionales de biologistes et/ou d'enseignants, des fondations, des institutions d'assistance bilatérale, de groupes industriels, etc.

Le chapitre renferme des recommandations pour des activités futures à la lumière de l'expérience passée.

Un chapitre devait, dans ce volume, porter sur " L'élaboration des enseignements tenant compte des besoins et de l'évolution des professions faisant appel à de la biologie fondamentale et appliquée " ; le document initial avait été préparé pour le congrès par le professeur Adnan Badran, doyen de la Faculté des sciences de l'Université d'Amman (Jordanie). La version révisée de ce document est malheureusement parvenue trop tard pour être incluse dans ce volume.

L'avenir de la biologie

Tryggve Gustavsson,
professeur, membre de
l'Académie royale suédoise des
sciences, Institut Wenner-Oren,
Stockholm

Je n'ai peut-être pas été raisonnable d'accepter l'invitation qui m'a été faite de parler de l'avenir de la biologie. Nous savons trop peu de choses sur le futur ; même si je devais me limiter à certaines recommandations pratiques, le sujet serait complexe et je pourrais l'aborder de plusieurs points de vue.

Je pourrais, par exemple, me placer du point de vue pédagogique. Quelles parties de la masse énorme de connaissances assez spécialisées faut-il transmettre à nos étudiants qui seront responsables de l'avenir de la biologie ? Leur donnons-nous l'impression d'en savoir plus que ce que nous savons réellement ? Leur donnons-nous l'impression que le problème du cancer sera bientôt résolu, que nous saurons bientôt corriger les maladies génétiques, guérir la schizophrénie, réussir les transplantations d'organes ou maîtriser et protéger l'écosystème ?

Nous pouvons également aborder le sujet d'un point de vue économique ou politique. La recherche en biologie ou la science fondamentale en général ont-elles une place dans un monde menacé de famine, qui doit faire face à une expansion démographique considérable ? En mettant au point des méthodes de manipulation du patrimoine génétique, la biologie ne risque-t-elle pas de mettre en danger l'humanité ? Ne serait-il pas plus sage de se limiter à quelques sujets spécialisés ayant une importance pratique immédiate comme la lutte biologique contre les parasites, le traitement du trachome, la limitation des naissances, la mise en valeur des déserts, afin de pouvoir vivre dans un monde plus raisonnable et plus heureux ? Ne vaudrait-il pas mieux laisser pour les générations futures les problèmes plus classiques comme l'évolution des mollusques, les mécanismes sensoriels chez les araignées d'eau, la genèse des mitochondries et le problème de l'intégration dans le système nerveux ? ou est-il souhaitable, comme je le crois – et j'espère que vous partagez mon opinion – de ne pas se limiter à des problèmes ayant des applications immédiates, mais d'essayer de tenir compte de tous les aspects de la biologie.

Mais je vais laisser de côté les problèmes éducatifs, économiques et politiques, et, malgré mes hésitations, je me limiterai à l'avenir de la biologie comme science de la nature – qui étudie la vie et les êtres vivants à tous les niveaux d'organisation ; je traiterai de sa structure interne. Comme il est difficile de parler de l'avenir, j'évoquerai quelques tendances générales qui se sont manifestées dans le passé et actuellement, puis j'essaierai d'extrapoler pour l'avenir, ou au moins de définir quelques conditions importantes d'un développement sain et harmonieux des sciences de la vie. Je brosserai un tableau à grands traits et ferai de nombreuses simplifications pédagogiques, et il se peut même que mes propos ne reflètent pas la vérité. Cela vous agacera sans doute, et vous aurez envie de vous débarrasser de moi avant la fin. Laissez-moi vous dire d'emblée que je vois les choses en biologiste du développement qui ne sait pas bien si telle approche est meilleure que telle autre, et qui n'aime pas les cloisons entre les différentes disciplines biologiques.

Les hommes de mon âge, c'est-à-dire ceux qui ont la cinquantaine, ont assisté à un développement extraordinaire de la biologie, en particulier dans les domaines de la biochimie et, plus précisément, de la biologie moléculaire. Voilà déjà une simplification abusive.

Nous avons vu beaucoup de nos collègues abandonner le niveau des organismes pour entrer dans le monde des molécules. Là, on allait, pensaient-ils, élucider tous les secrets de la biologie : les progrès dans ce domaine ont été vraiment impressionnants. Quand j'étais jeune étudiant, j'étais stupéfait par la complexité des étapes de la glycolyse qu'on venait d'élucider. La raison de mon intérêt pour le métabolisme était ce qu'on appelait les gradients métaboliques dans l'œuf qui s'avéraient importants dans le développement, mais, bien vite, ce furent les réactions métaboliques qui m'attirèrent. J'écoutais aussi les discussions sur le cycle de Krebs que beaucoup considérèrent au début comme un simple jeu intellectuel. Le travail ayant continué, les schémas de différentes voies métaboliques compliquées couvrent maintenant les murs de nombreux laboratoires et ils sont très impressionnants.

On a aussi décortiqué dans le détail les phénomènes de phosphorylation oxydative et de la photosynthèse, mais

il restait dans nos connaissances des lacunes difficiles à combler. Malheureusement, c'étaient les plus importantes. Cependant, pendant cette période, les biochimistes commençaient à réaliser le rôle fondamental joué par la configuration des molécules. On reconnaissait alors la nécessité de se placer à un niveau plus élevé d'organisation. Pour la glycolyse, on admit qu'on pouvait reconstruire *in vitro* les phénomènes métaboliques en mélangeant des enzymes purifiées, des cofacteurs et des substrats, mais cela n'était pas possible dans de nombreux autres cas : les échecs pour élucider les secrets de la phosphorylation oxydative et de la photosynthèse le montrent bien. De ce fait, les biochimistes se mirent à étudier les membranes biologiques comme celles qui forment les mitochondries, le réticulum endoplasmique et la membrane cytoplasmique. On introduisit de nouveaux outils et de nouveaux concepts, et maintenant on commence à avoir une vague idée de l'organisation de certaines structures cellulaires, du changement de l'activité des enzymes lorsque celles-ci sont fixées sur les membranes et à entrevoir leurs interactions.

Ainsi, beaucoup de biologistes qui avaient abandonné le niveau des organismes pour celui des molécules ont dû repasser à un niveau plus complexe : cela est encourageant. Mais, en même temps, j'ai le sentiment que le besoin d'une formation en physique et en chimie s'est accru et je pense parfois qu'à l'avenir, les problèmes à ce niveau ne seront pas résolus pour les biologistes de formation classique qui ont abandonné les organismes pour les molécules, car les biophysiciens sont entrés en scène.

Nous pouvons voir la même évolution dans l'étude des protéines et des acides nucléiques. Quand j'étais étudiant, tous les biologistes discutaient avec passion du rôle de la chimie des acides nucléiques. Caspersson et Brachet — et d'autres — avaient montré que les acides nucléiques pouvaient bien être le matériel héréditaire et jouer un rôle dans la synthèse des protéines, mais la chimie des acides nucléiques était un fatras et les progrès se limitèrent à quelques intuitions et affirmations élémentaires. La chimie des protéines en était au même point, et certaines personnes n'étaient même pas convaincues que les protéines étaient des polypeptides !

Ces deux domaines ont connu un développement extraordinaire. Les expériences d'Astbury représentent un événement. Certes, on a dit qu'elles étaient arrivées trop tôt pour avoir une influence profonde. Mais, après les brillants travaux de milliers de biochimistes et de spécialistes de biologie cellulaire, le code génétique naquit. Nous avons appris que les séquences de l'ADN déterminent les séquences des acides aminés dans les chaînes de polypeptides, lesquelles, lorsqu'elles sont formées, s'enroulent automatiquement pour donner des structures tridimensionnelles compliquées. Un autre point très important fut mis en évidence : ces structures peuvent subir des modifications qui se répercutent au niveau de l'activité enzymatique et beaucoup de mécanismes complexes régulateurs de nombreux phénomènes vitaux, comme certaines étapes de la formation du matériel génétique lui-même, peuvent s'expliquer à partir de ces changements de configuration moléculaire. Quel triomphe pour la biochimie !

Cependant, on ne connaît toujours pas les détails de la régulation de la formation des protéines : ici aussi, notre ignorance est due à l'insuffisance des connaissances sur l'organisation des organites, en l'occurrence des ribosomes. Une fois de plus, les biologistes ont dû repasser à un niveau d'organisation plus élevé ; une fois encore, on a l'impression qu'il y a peu de place pour les biologistes traditionnels, car il est indispensable d'avoir un énorme bagage de connaissances biochimiques et physiques.

Certains des faits essentiels de la biologie moléculaire sont connus de tout élève, mais les résultats les plus récents sur les phénomènes de régulation sont complexes et loin d'être aussi séduisants que le code génétique, si bien que leur discussion ne peut se faire que dans un cercle restreint de spécialistes parlant un langage très difficile. Et c'est encore une raison pour que les biologistes traditionnels soient à l'écart.

Les biochimistes ont aussi envahi les niveaux plus élevés d'organisation et ont même commencé à travailler sur des bactéries intactes, leurs résultats ont eu un impact énorme sur des domaines très éloignés de la biochimie. L'endocrinologie a fait des progrès spectaculaires depuis qu'on a élucidé le rôle des adényl-cyclases liées à la membrane : sous l'influence d'hormones spécifiques fixées à des molécules réceptrices à la surface de la cellule, ces enzymes changent d'activité et donnent naissance à l'AMP cyclique, qui agit ensuite comme activateur d'enzymes variées. On a isolé — et l'on continue actuellement à isoler — des récepteurs cholinergiques et l'on a découvert que l'AMP cyclique a un composé très voisin, le GMP cyclique : les deux stimulent des phénomènes de transmission nerveuse opposés. Cela montre bien les répercussions énormes de la biologie moléculaire sur la neurobiologie ; on peut aussi mentionner l'histoire de la dopamine et de la maladie de Parkinson. Aucun doute que de tels résultats biochimiques donneront une impulsion dans différents domaines de la biologie et fourniront de nouveaux outils aux endocrinologistes, aux neurophysiologistes et à d'autres spécialistes. C'est une perspective optimiste pour l'avenir de la biologie.

Mais, tout aussi souvent, les progrès en biochimie peuvent avoir un effet opposé. En tant que biologiste du développement, je dois avouer que j'ai parfois envisagé de renoncer au problème de la différenciation, obsédé par le sentiment que c'était un domaine réservé aux biochimistes capables de purifier et de mettre en évidence des protéines régulatrices fixées sur le matériel génétique. L'histoire de Monod et Jacob et le travail sur le rôle des protéines acides qui règlent le déplacement des protéines basiques de l'ADN et, ce faisant, induisent l'activité de celui-ci, sont satisfaisants du point de vue intellectuel, mais cela n'incite pas les biologistes traditionnels à continuer dans la même voie. Eux ont certainement fait un travail fondamental dans les années trente, sur les principes de l'induction embryonnaire et sur les interactions entre d'obscurs gradients dans l'œuf par exemple, mais ils pensaient être incapables de poursuivre leur analyse au niveau moléculaire. Comme beaucoup d'autres biologistes, ils se sentent tenus à l'écart, périmés, superflus lorsqu'ils essaient de faire quelque chose en bio-

chimie, et, s'ils réussissent, ils auront encore l'impression de ne plus se préoccuper des organismes entiers.

Il y a aussi des raisons techniques à ce sentiment d'isolement : une condition préalable de l'énorme progrès biologique fut l'invention rapide et le perfectionnement des instruments scientifiques. Le passage de la grossière colonne à chromatographie de Tswett au chromatographe en phase gazeuse moderne ou à la chromatographie en couches minces et à l'analyseur de la séquence d'acides aminés est impressionnant. On peut maintenant fractionner les phéromones sécrétées par les quelques glandes d'une abeille et déterminer rapidement la séquence des acides aminés sur un échantillon minuscule de protéines. Certains de ces outils sont faciles à manier pour un profane et c'est une raison d'être optimiste, mais, dans la majorité des cas, on peut dire en exagérant un peu que le biologiste traditionnel est peu adroit pour utiliser ces outils. Il lui faut un technicien bien formé à ses côtés.

Sans doute le microscope électronique et à balayage représente-t-il une exception puisque de nombreux biologistes traditionnels l'utilisent. Mais pour aller plus loin dans ces problèmes, il faut souvent un bagage de connaissances complètement nouveau que doivent apporter le physicien ou le technicien.

Je pourrais continuer indéfiniment ma relation biochimique et biophysique, mais je m'aperçois que j'ai oublié les progrès spectaculaires en immunologie, les interactions actine-myosine, les progrès rapides de l'électrobiologie, etc., mais cela ne modifie pas le tableau. Le biologiste moléculaire et le biophysicien ont jeté des bases totalement nouvelles pour la biologie ; dans certains cas, leurs concepts, leurs molécules et leurs outils peuvent être d'un grand secours pour tout biologiste traditionnel, mais, très souvent, celui-ci ne se sent pas compétent pour pousser l'analyser plus loin. Souvent même, il a l'impression que s'il le tentait, il y perdrait son identité et ses intérêts fondamentaux. Quelle identité ? Quels intérêts ? J'y reviendrai plus loin. Les biologistes moléculaires et les biophysiciens ont aussi envahi d'autres branches de la biologie et ont commencé à étudier des structures plus complexes, comme les membranes et les fibres. Le biologiste de la vieille école peut se demander s'il ne devrait pas abandonner complètement la biologie, le biologiste moléculaire pouvant faire ce travail à sa place. Je dois souligner que mes propos sont caricaturaux et exagérés ; je vais maintenant essayer de mettre le biologiste moléculaire à sa vraie place.

L'avenir de la biologie se limite-t-il à celui de la biologie moléculaire ? Tient-il à une spécialisation croissante des spécialistes qui étudient seulement des fractions minuscules de la "nature vivante" (!) Dépend-il du développement d'un appareillage de laboratoire de plus en plus raffiné et compliqué qui sera bientôt tellement coûteux qu'il faudra le grouper dans des instituts internationaux de recherche ? La biologie sera-t-elle de plus en plus une question de purification et de réassemblage de molécules ? La biologie sera-t-elle de plus en plus la science ayant pour objet *Escherichia coli*, le foie du rat blanc et peut-être la chlorelle ? Y aura-t-il besoin d'autres êtres vivants ? La recherche sur l'ultrastructure représente-t-elle le point d'aboutissement de la recherche biologique ? Est-ce que tout ce qui n'est pas ultrastructure manque d'intérêt ? Non ! Je disais souvent à mes collègues qui décapitent les rats blancs et homogénéisent leurs organes pour isoler certaines particules : "Mais, vous jetez le meilleur de l'animal, la tête avec le cerveau et ses milliards de synapses et de voies nerveuses et les pattes avec les orteils. Même la queue représente un problème formidable ! vous pouvez reconstruire un ribosome en mélangeant un grand nombre de molécules, mais vous ne savez pas refaire un cerveau ou un orteil de cette façon ! "

Oui, la biologie concerne aussi l'organisation et les fonctions, bien au-delà du niveau membranaire. Nous avons des doigts et des orteils. Nous avons des cerveaux organisés d'une façon merveilleuse, qui ont pu produire *La divine comédie*, les quatuors à cordes de Beethoven et les mathématiques. C'est une telle organisation qui permet aux abeilles de communiquer, aux oiseaux de percevoir les signaux qui les poussent à migrer, ou de trouver leur chemin à l'aide des étoiles. C'est aussi ce qui permet aux chauves-souris de prendre leur nourriture dans le noir. Cette organisation dynamique se trouve aussi au niveau supra-organique, elle est responsable des fluctuations remarquables ou parfois de la stabilité des populations animales et, dans l'écosystème entier, il y a des questions colossales d'organisation dynamique. La macro et la micro-évolution se rattachent aux modes de changement de cette organisation. La biologie du développement est l'histoire de la création de l'organisme à partir du simple œuf.

Y a-t-il beaucoup d'éléments dynamiques qui ne soient pas une conséquence directe de l'organisation moléculaire ? Bien sûr ! Je ne suis pas contre les grandes idées simplificatrices, mais le biologiste moléculaire n'apportera pas la réponse en travaillant à sa façon et uniquement sur la base de ses propres concepts et de ses appareils compliqués.

Tournons-nous maintenant vers le futur. Il est intéressant de voir un grand nombre de biologistes moléculaires revenir à la complexité de l'organisme, et, ce faisant, rejoindre les biologistes traditionnels qui en sont toujours restés là et étudient ce niveau complexe avec leurs vieilles méthodes. Une marche à contre-courant qui va bien au-delà du niveau membranaire ! Parfois, la distance n'est pas si grande. Les biologistes moléculaires utilisent leurs connaissances pour comprendre la structure du chromosome chez les organismes supérieurs, lequel est très différent de celui d'*E. coli*, mais, en faisant cela, ils réalisent probablement qu'ils ont beaucoup à apprendre de la régulation du gène ancienne version et des mécanismes de l'évolution. Ils réaliseront que la structure tridimensionnelle des chromosomes joue sans doute un rôle essentiel dans la régulation du gène, et ils trouveront peut-être aussi que l'évolution ne se limite pas à une question de mutation génétique et de substitution d'acides aminés. La diversification énorme et souvent brutale qui apparaît dans de nombreux groupes — c'est une opinion qu'on peut défendre — se situe à un niveau qui, jusqu'à maintenant, n'avait pas été abordé par les biologistes moléculaires. Cela représente une démarche fort longue, lorsque les biologistes moléculaires commencent à essayer

de percer les secrets de la morphogenèse au niveau des tissus et au niveau de l'organisme. En fait, beaucoup de biologistes moléculaires réalisent que toute l'histoire ne se résume pas à un assemblage d'acides aminés en protéines, ou de molécules en membrane. Ils réalisent que l'arrangement des cellules en structures complexes, en cerveaux, en mains et en organismes complets, est un problème colossal et stimulant. C'est pourquoi ils viendront rejoindre les biologistes traditionnels : c'est un autre exemple de cet intéressant contre-courant en biologie. L'organisme a le droit d'exister et d'être étudié dans toute sa complexité. Les travaux de Sidney Brenner sur l'isolement de différents mutants de nématodes ayant des anomalies de comportement constituent un exemple : il fait une carte des neurones et de leurs connexions à l'échelle des ultrastructures pour élucider le contrôle génétique de la morphogenèse du système nerveux et, à partir de là, le contrôle génétique du comportement. L'intérêt manifesté par Crick pour la nature et le mode d'action des vieux gradients embryonnaires, et le concept plus récent d'information de position constituent un autre exemple. On peut dire aussi que l'ensemble des activités qu'on appelle la neurobiologie est le reflet de cet intérêt accru pour la complexité des organismes chez les biologistes moléculaires qui y travaillent au côté d'électrophysiologistes, de spécialistes des ultrastructures, d'anatomistes, de psychophysiologistes et de spécialistes de physiologie comparée. Un étudiant de l'ancien temps qui travaille sur les mécanismes cellulaires de la gastrulation et de la morphogenèse chez l'oursin se trouverait en bonne compagnie avec de nombreux biologistes moléculaires célèbres. Je me souviens avec amusement qu'il y a une quinzaine d'années, j'avais essayé d'expliquer à un collègue ce que je faisais. J'obtins alors cette réponse sèche : " Ne trouvez-vous pas que vous êtes superficiel et démodé ? Ne serait-il pas plus sage de travailler sur la synthèse des protéines chez la larve et ne pas se préoccuper des formes que l'on connaît déjà ! " Comme si les problèmes dont je m'occupais n'impliquaient pas des questions sur les processus moléculaires qui déclenchent et contrôlent les mouvements des cellules au cours de la morphogenèse ; on les connaissait d'ailleurs très peu à cette époque.

La disparition des barrières entre la biologie moléculaire et la biologie des niveaux plus élevés d'organisation est, à mon avis, une des plus belles espérances pour l'avenir. Les biologistes moléculaires nous ont beaucoup appris et nous pouvons utiliser leurs connaissances sans pour autant abandonner nos problèmes ; ils se sont joints à nous, ils apprennent, j'espère, beaucoup de nous ; ils trouvent que nos problèmes, nos approches et nos concepts sont importants et dignes de respect.

Une autre évolution de la biologie, qui est en relation étroite avec l'intérêt accru pour la complexité, est que beaucoup de mathématiciens et de théoriciens commencent à s'orienter vers la biologie. La création, il y a quinze ans environ, de l'important *Journal of theoretical biology* le montre bien. Dans le passé, bon nombre de biologistes ont regardé d'un œil soupçonneux la biologie mathématique ou théorique et il y aura toujours beaucoup de biologistes pour préférer les observations et les expériences sur des êtres vivants. Et pourtant, la modélisation théorique peut révéler des possibilités dignes qu'on s'y arrête. Très souvent, nous pouvons apprendre à partir d'un travail de ce type que nous regardons dans la mauvaise direction, que nous rassemblons des informations sans intérêt ou que nous ne posons pas les bonnes questions. Je ne suis pas, quant à moi, un biologiste théoricien. Il y a malheureusement beaucoup de carences dans ma formation scientifique et je ne peux pas parler avec assez d'enthousiasme des résultats de la biologie théorique. Cependant, si vous consultez le numéro de juillet 1975 de *Theoretical biology*, vous pourrez prendre connaissance d'un modèle conduisant au schéma complexe des éléments squelettiques du membre chez l'embryon de poulet, mécanisme partant d'hypothèses localisées et relativement simples sur des interactions cellulaires.

Dans cette évolution de la biologie, nous commençons à réaliser qu'il faut utiliser et étudier l'ensemble du règne animal ou végétal. Beaucoup de biologistes, tous réputés de la vieille école, l'ont fait sans demander la permission. Une raison, mais ce n'est pas la seule, en est que les recherches réalisées sur un petit nombre d'espèces, si intelligentes et compliquées que soient les expériences, ne peuvent livrer tous les secrets. Sur les poissons qui ont représenté le matériel de très nombreuses expériences, nous pouvons apprendre un tas de choses essentielles sur le système nerveux sympathique par exemple, mais ce n'est pas un bon matériel pour résoudre d'autres problèmes.

Cette tendance vers des niveaux d'organisation plus complexes se traduit aussi par le développement rapide de la biologie à l'échelle supra-organique, comme la biologie des populations et l'écologie. La biologie des populations est un domaine qui ne m'est pas trop familier, mais elle jouera certainement un rôle important dans l'avenir et éclairera des problèmes comme les causes des variations importantes des densités de populations.

L'écologie est une science plutôt jeune. En Suède, quand j'étais étudiant, on enseignait peu de chose sur l'écologie, si ce n'est un peu de limnologie et de phytosociologie. L'écologie est encore dans une certaine mesure dans une phase descriptive et on se demande parfois si l'on est bien en train de relever les vraies données. A mon avis, un développement harmonieux de l'écologie dépendra des mêmes facteurs que celui des autres branches de la biologie, c'est-à-dire de la disparition des barrières entre les différents niveaux d'organisation et entre les différents domaines de la biologie. Les écologistes doivent apprendre davantage sur les fonctions des êtres vivants qui constituent l'écosystème. Il faut bien réaliser que l'écologie est la physiologie de la communauté et comme le physiologiste général descend vers les cellules et les molécules, l'écologiste doit prendre en considération les fonctions de chaque espèce. La suppression des barrières avec la biologie théorique a, d'un autre côté, avancé assez vite, en particulier grâce aux idées d'Odum sur les flux d'énergie à travers l'écosystème, ce qui permettra un jour de concevoir un modèle complet de cet ensemble dynamique. Mais je me sens coupable d'avoir commis le même péché que certains biologistes

moléculaires lorsqu'ils abordent d'autres branches de la biologie ! Le développement sain d'une science ne dépend pas seulement de la disparition des cloisons. Chaque science doit pouvoir se développer selon sa propre dynamique. L'écologie, plus ou moins repliée sur elle-même, a déjà formulé de nombreux problèmes et atteint des résultats fondamentaux, comme certaines lois régissant la stabilité de l'écosystème.

En résumé, je dirai que la biologie est comme une maison à plusieurs étages, le monde des molécules au rez-de-chaussée, l'écosystème au sommet et le niveau de l'organisme et de la cellule entre les deux. Chaque étage comprend de nombreuses pièces, souvent avec des portes plutôt étroites. On peut défendre l'idée que, dans l'esprit du public, les activités qui ont eu le plus de succès sont celles qui se situent tout à fait en bas et tout à fait en haut. Les gens, à l'étage du milieu, ont eu l'avantage de pouvoir utiliser les résultats du rez-de-chaussée, mais très souvent ils ont peur de descendre jusqu'à la biologie moléculaire, en partie parce qu'ils se sentent incapables de travailler sur de tels problèmes, en partie parce qu'ils ont l'impression, en descendant ainsi, de perdre leur identité ; ils ne percevraient plus l'aspect global du problème, un aspect qu'ils considèrent comme essentiel. Parfois, ils se sentent frustrés parce que les biologistes moléculaires semblent essayer d'envahir leur propre étage. Certains, peu nombreux, sont aussi d'assez mauvais enseignants qui disent aux biologistes traditionnels que leurs problèmes sont démodés. Cependant, il est intéressant de constater que, progressivement, certains biologistes moléculaires font un grand saut jusqu'aux étages supérieurs ; ce faisant, ils apportent beaucoup de savoir faire et d'enthousiasme tout en montrant qu'ils ont du respect pour les problèmes de l'organisme et qu'ils sont prêts à accepter de nouvelles méthodes et de nouveaux concepts. On assiste à une évolution très fructueuse de ce type en écologie et à la disparition rapide des barrières avec la biologie mathématique.

Nous commençons à réaliser vaguement que chaque section de la biologie doit pouvoir se développer suivant sa structure intrinsèque. Abattre les barrières est l'expression d'une tolérance. Accepter l'originalité de chaque domaine de la biologie est aussi une question de tolérance. Apparemment, l'avenir de la biologie sera une question de tolérance : dès lors, elle devient une question d'éthique ; si nous en prenons bien conscience, je crois que le développement de la biologie pourra être brillant. Sinon, la biologie se caractérisera par une spécialisation croissante, des frictions et un sentiment d'isolement dans certaines disciplines. Cela conduira à un ralentissement du progrès et l'analyse de la complexité des organismes en sera retardée.

Vérités et enthousiasme dans l'enseignement de la biologie

par Kenneth Mellanby,
directeur de l'Institute of
Terrestrial Ecology,
Huntington (Royaume-Uni)

Si nous sommes venus à ce congrès, c'est pour essayer d'améliorer l'enseignement de la biologie ; cela suppose que l'enseignement de la biologie est bien fait, mais que nous devons essayer de l'améliorer encore. Je suis tout à fait d'accord avec ces deux points. Je crois que la biologie a de nombreux rôles à jouer, à différents niveaux, dans tous les types d'enseignement; cependant, je ne m'occuperai ici que de deux points que j'ai choisis parce qu'ils sont de ceux où l'enseignement de la biologie doit jouer un rôle prédominant.

Je parlerai tout d'abord de l'environnement, un sujet qui nous concerne tous, où le biologiste doit apporter une contribution particulière, mais où les biologistes — et les pseudobiologistes — racontent souvent des absurdités dangereuses. Mon second point sera l'alimentation : les besoins de l'humanité et une production alimentaire suffisante constituent manifestement un problème avec lequel chacun sur terre se trouvera dans l'avenir confronté.

Le titre que j'ai choisi (*Vérités et enthousiasme dans l'enseignement de la biologie*), appelle peut-être quelques commentaires. Tout le monde sait ce qu'on entend par vérité et tout le monde pense que c'est une bonne chose. Néanmoins, il peut être difficile d'arriver à la vérité absolue et le plus difficile de tout est peut-être de faire la différence entre vérité et expression d'opinion. Dans l'enseignement, nous déclarons tous enseigner la vérité plutôt que l'erreur, mais y parvenons-nous toujours ? Quand nous mettons en avant nos propres idées, plutôt qu'une description des faits, le disons-nous toujours clairement ? Cela a-t-il de l'importance ?

Le mot enthousiasme a une origine plus douteuse. Autrefois, il signifiait "possédé par un dieu" et l'on pouvait supposer que ce n'était pas une divinité très bonne ou très orthodoxe. Les Eglises établies se montraient toujours soupçonneuses à l'égard de tout enthousiasme, quel qu'il soit, pensant qu'il conduisait souvent à l'hérésie. Aujourd'hui, l'enthousiasme a, en général, un sens beaucoup plus favorable, celui d'un zèle ardent pour un objet ou une cause. Le bon professeur est un enthousiaste et il transmet son enthousiasme à ses élèves, mais le danger subsiste. Allié à la vérité, un zèle ardent est précieux, mais allié à l'erreur, il peut beaucoup nuire. Malheureusement, certains des plus enthousiastes en ce qui concerne notre environnement s'éloignent parfois de la vérité et alors, je crois qu'ils peuvent faire grand mal à leur cause comme à leurs élèves.

Je dois reconnaître qu'il n'est pas facile pour les profanes de faire la part de ce qui est vérité en matière d'environnement et des propos erronés sont répandus par ceux qui devraient le mieux connaître la question. Par exemple, on admet largement que la pollution est un problème relativement nouveau et qu'elle s'aggrave chaque année : cette opinion est exprimée par les journaux, à la radio, et à la télévision — mais aussi par des scientifiques et des enseignants, y compris quelques professeurs d'université bien connus. Pourtant, bien que la pollution soit un problème sérieux, on peut démontrer que dans la plupart des grands pays industriels, on a mis fin aux abus les plus graves au cours de ces dernières années et que la plupart des citadins respirent un air plus pur que leurs parents et grands-parents. Il y a encore des cas sérieux ; de nouveaux équipements industriels pourraient avoir des effets néfastes à grande échelle et, manifestement, il faut être vigilant ; mais des déclarations erronées à propos de notre environnement, déclarations dont chacun peut constater facilement le caractère faux, peuvent empêcher dans une large mesure la réalisation de nouveaux perfectionnements.

Il est peut-être possible de pardonner à la presse sa façon de traiter ce sujet : la vérité est généralement moins excitante que la fiction. Un gros titre avec "l'air de la ville est un peu moins pollué" a moins de chances de faire vendre le journal, que celui qui proclame "un millier de citoyens asphyxiés", même s'il s'avère difficile de prouver les détails de cet holocauste ! Malheureusement, nous aimons tous les histoires à sensation.

Quoi qu'il en soit, le danger vient du faux expert. Dans le domaine de l'environnement, nous avons de nombreux écologistes consciencieux et travailleurs qui essaient

vraiment d'étudier la situation et de faire tout ce qu'ils peuvent pour l'améliorer. En même temps, nous avons un groupe de "propagandistes", dont quelques-uns ont vraiment une culture scientifique convenable, mais la majorité d'entre eux viennent d'autres disciplines, ou d'aucune discipline. Dans plusieurs pays on les appelle "écologistes". Je ne nie pas que beaucoup d'entre eux soient pour nous des exemples d'enthousiastes qui souhaitent rendre le monde meilleur et plus propre ; mais ils disent tellement de bêtises qu'ils font généralement plus de mal que de bien.

Pire encore est le danger que représentent ceux qui ont une réputation méritée pour leurs connaissances dans un autre domaine, mais qui perdent tout esprit critique quand ils sont en face d'un problème d'environnement.

La situation se complique du fait que nous avons tous, spécialistes ou pas, nos devoirs et nos responsabilités de citoyens. Le point important est que ceux qui commandent et ceux auxquels leurs postes donnent une certaine autorité scientifique ou universitaire, doivent faire clairement la différence lorsqu'ils s'expriment en tant qu'experts et comme simples citoyens sans compétence particulière.

Chaque maître représente une autorité, un expert parmi les profanes et cela reste vrai même dans les écoles où l'on adopte les méthodes d'enseignement les moins autoritaires. La principale difficulté pour le maître est généralement de décider, en particulier dans un domaine nouveau, qui il faut croire et qui on peut ignorer. En fait, aucun de nous n'est vraiment polyvalent et compétent dans une grande variété de sujets. Nous ne pouvons parler avec une autorité réelle et par expérience personnelle, que dans un domaine très étroit de connaissances. Nous devons apprendre à reconnaître l'expert.

Bien que presque tous les grands développements scientifiques aient été le résultat de la découverte que des croyances largement répandues étaient fausses, il nous faut néanmoins admettre l'idée, peu exaltante il est vrai, que la majorité des opinions orthodoxes et établies relatives à notre discipline sont correctes, au moins en gros. Nous devons examiner avec soin les références de ceux qui expriment des points de vue différents et nous ne devons pas nous écarter des idées largement répandues sans avoir regardé les faits d'un œil très critique. C'est un peu conseiller la perfection, car peu d'entre nous déjà sont capables d'évaluer les preuves dans plusieurs domaines et cela nous conduit à nous rendre compte de la façon dont, en fait, nous nous forgeons notre opinion. Nous avons tendance à accepter les vues de ceux qui nous impressionnent le plus par leur compétence, leur honnêteté, leur personnalité attirante. Mais je peux vous donner un conseil qui vous permettra de juger la valeur de ceux qui s'occupent des problèmes d'environnement. Essayez de savoir ce qu'ils disent sur un problème, peu importe qu'il soit simple, sur lequel vous avez vous-même quelque expérience pratique. Si leurs vues sur ce point sont saines, vous pouvez, sans renoncer à votre jugement critique, supposer qu'il y a quelque chose de valable dans leurs dires. Si vous y trouvez de petites erreurs, il faut être très méfiant quant à leurs idées sur des questions plus importantes. Le grand avantage de l'environnement est que c'est une discipline pour laquelle on peut toujours faire au moins quelques observations pour contrôler l'opinion des "experts".

Il y a manifestement beaucoup de problèmes d'environnement dont l'étude peut avoir une valeur éducative considérable. Certains appartiennent au domaine de la pollution. Premièrement, ils permettent de faire des observations précises et de les relever ; deuxièmement, on peut discuter et apprécier l'interprétation de ces observations ; le troisième avantage d'un tel travail est qu'on peut le relier à des problèmes réels qui sont d'un intérêt évident pour l'individu et pour la société dans laquelle il vit. A ce sujet, je voudrais aborder deux études auxquelles j'ai participé et dans lesquelles des enfants ont essayé d'étudier les effets de différents types de pollution.

Il y a quatre ans environ, l'Advisory Centre for Education de Cambridge en Angleterre, et le journal londonien, *Sunday Time*, ont lancé leur premier projet pour encourager les enfants à étudier la pollution de l'eau. On a conçu une petite trousse simple pour faire des mesures élémentaires de différentes substances dans l'eau douce, mais la caractéristique essentielle du projet était l'identification d'une série d'espèces "indicatrices" d'invertébrés qu'on pouvait relier à différents degrés de la qualité de l'eau. Ainsi, on considérait l'eau comme très propre si on y trouvait des larves d'éphémères et de perles. Le degré de pureté suivant comportait des larves de phryganes et des crevettes d'eau douce. Avec une pollution supérieure encore on trouvait les aselles et les chironomes et, au quatrième degré, des organismes aussi résistants que des vers de vase et les larves d'éristales. Les eaux les plus polluées ne contenaient aucune forme reconnaissable de vie animale. Ainsi, on avait distingué cinq degrés dans la qualité de l'eau suivant la présence possible de ces différents invertébrés — les résultats pouvaient être contrôlés en notant les espèces de poissons présents. La première annonce de ce projet fut faite au début des vacances d'été et l'on demanda aux enfants de faire leurs observations durant une semaine au mois d'août, bien avant le début du trimestre scolaire suivant. Plus de 10 000 trousses de matériel furent achetées et plus de 80 % des acquéreurs allèrent jusqu'au bout de l'exercice. On demandait aux enfants d'étudier un secteur de fleuve ou de rivière ; mais beaucoup firent bien plus. Certains firent des kilomètres à bicyclette, étudièrent les rivières sur de grandes longueurs et envoyèrent des rapports détaillés et des cartes de leurs résultats. Nous fûmes impressionnés par l'enthousiasme des enfants et le soin avec lequel ils avaient fait leurs observations. Soit dit en passant, nous avons été surpris de la répartition des âges des participants — la plupart avaient de neuf à treize ans, très peu plus de quinze. De très jeunes enfants de sept et huit ans avaient fait de bonnes observations et ceux pour lesquels nous avons effectué un contrôle avaient travaillé essentiellement sans l'aide d'adultes. A mon avis, cette expérience fut un grand succès. On pouvait difficilement s'attendre à des résultats nouveaux d'une grande importance scientifique, mais cela permit de faire une carte de la qualité de l'eau plus détaillée que celle qui existait auparavant. Cela apprit aux enfants à reconnaître un phéno-

mène réel, à savoir les effets des activités de l'homme sur les invertébrés vivant dans l'eau. Beaucoup signalèrent qu'ils avaient localisé de petites sources ponctuelles de pollution à leur arrivée dans la rivière et qu'ils pouvaient distinguer la faune d'eau propre en amont de la source de pollution et la faune d'eau souillée en aval ; certains persuadèrent même les pollueurs locaux de faire amende honorable en leur montrant exactement ce que leurs activités avaient provoqué.

Un an plus tard, on lança de la même façon une étude sur la pollution de l'air. On réalisa une trousse de matériel permettant de relier les différents lichens aux différents degrés de pollution de l'air. Un nombre encore plus grand de trousses – plus de 12 000 – fut distribué rapidement. De nouveau, on nous renvoya de très bons rapports et l'on établit une carte détaillée des lichens et de ce qui est sans doute une bonne indication des teneurs de SO_2 dans l'atmosphère. Cependant, les réponses dans les deux enquêtes ont différé à plus d'un égard. Comme je l'ai dit, nous avons eu plus de 80 % de réponses pour l'exercice sur la pollution de l'eau, alors que pour la pollution de l'air les envois ont été de l'ordre de 10 % seulement. Je ne suis pas en mesure d'expliquer complètement une telle différence. On pourrait penser que les enfants aient plus envie de patauger dans l'eau, même dégoûtante et fétide, et que les animaux qui frétillent les inspirent plus que les plus beaux lichens !

Il y a un autre point qui concerne l'interprétation des résultats de ces expériences : la pollution de l'eau est un phénomène très réel et le travail a montré clairement comment l'environnement était atteint par la pollution et amélioré par son contrôle. Par contre, il était moins aisé de montrer le caractère significatif du travail sur les lichens. Quand j'ai préparé pour un journal un exposé des faits concernant l'étude, on lui a préféré un article d'un journaliste sur "l'air empoisonné du Royaume-Uni". Il était clair que dans beaucoup de zones où les lichens foliacés étaient absents, sans doute à cause d'une teneur trop élevée en anhydride sulfureux, les autres signes de pollution étaient rares. En fait, nous savons que dans les zones de Grande-Bretagne où les sols manquent de soufre, un degré de "pollution de l'air" de ce type est bénéfique pour les pâturages et certaines cultures. Mon impression générale est que l'étude de la pollution de l'eau est un excellent exercice et que sans ajouter d'autres explications, celle de la pollution de l'air est beaucoup moins positive.

Au passage, je ne peux m'empêcher d'indiquer une autre différence entre ces deux études qui peut avoir influencé le nombre des questionnaires remplis et renvoyés. Celle relative à la pollution de l'eau a été faite presque totalement en marge des écoles. Nous avons constaté en effet que seuls quelques professeurs enthousiastes qui habitaient près de leur établissement ont aidé leurs élèves pendant les vacances, mais que la grande majorité des enfants se sont procuré le matériel de leur propre chef et ont renvoyé leurs résultats sans les montrer à un professeur. Cela a provoqué des doléances de la part des écoles, d'où l'envoi direct à de nombreux professeurs de la documentation relative au projet pollution de l'air, dès qu'en fut annoncée la mise en œuvre (et cette fois, l'annonce en fut faite avant la fin du trimestre scolaire). Nous savons que beaucoup de professeurs ont discuté du travail avec leurs élèves et que, dans certaines écoles, il fut réalisé comme exercice scolaire. Il est difficile de ne pas en tirer la conclusion déprimante qu'en mettant les écoles dans le circuit, on avait sans doute contribué à réduire l'enthousiasme des élèves !

Mais je pense que la leçon importante qu'il faut tirer de l'exercice sur la pollution de l'air est qu'il ne faut pas trop attendre de telles recherches. Donner aux enfants l'impression que l'étude d'un problème important conduit à des résultats qui auront inévitablement un impact considérable sur la communauté, provoque en général la désillusion et le désappointement. Même les chercheurs chevronnés sont parfois troublés quand ils réalisent jusqu'à quel point leurs recherches sont de peu d'intérêt pour l'humanité. Cependant quand on peut montrer que les études de l'environnement se rattachent à de vrais problèmes, on est dans la bonne voie pour former des citoyens bien informés.

Soit dit en passant, quand on parle de la pollution de l'air, il faut se rendre compte qu'il y a un problème plus aigu que tous les autres types de pollution rencontrés : c'est celui de la pollution de l'air qu'on s'impose à soi-même en fumant. Même le non-fumeur est exposé à quelque chose de plus sérieux qu'à l'air de nos villes les plus sales quand il s'assied à côté d'un fumeur.

Passons maintenant au second thème de mon exposé : "alimentation, nutrition et ressources alimentaires dans le monde". C'est de toute évidence un problème biologique. Si nous n'avons pas tous assez de bonne nourriture à manger, notre santé, nos activités et finalement notre survie sont affectées. Nous savons que dans de nombreux pays, il n'y a pas assez de nourriture pour satisfaire les besoins de la population, que la sous-alimentation est courante et que, chaque année, on déplore de nombreux décès dus à la famine. Voici de nombreux problèmes à introduire dans les programmes de biologie.

Pourtant, on dit et l'on écrit encore plus de sottises sur la nutrition que sur l'environnement. Je pense souvent que la façon dont on a enseigné les faits concernant la nutrition, alors même que ce sont des faits exacts, a fait plus de mal que de bien.

Ainsi, on nous apprend qu'il y a des substances comme les protéines et les vitamines qui sont des constituants essentiels d'un régime alimentaire sain. Si on en absorbe trop peu, on tombe malade. Cependant, peu de gens semblent réaliser "qu'assez c'est assez" ; sous prétexte que des protéines sont nécessaires à la santé, ils pensent que plus ils en mangent, mieux ils se portent. Les gouvernements eux-mêmes, lorsqu'ils constatent une augmentation de la consommation de viande dans le régime de chaque citoyen, disent que "le régime s'est amélioré". En fait, il est difficile d'établir un régime, même entièrement végétarien, qui ne contienne pas suffisamment de protéines. Le seul moyen simple de provoquer une carence en protéines est de donner trop de sucre. Un certain nombre d'enfants et de vieillards en souffrent, parce que le sucre remplace les céréales qui sont relativement de bonnes sources de protéines.

Les mêmes erreurs s'appliquent aux vitamines. Les aliments sont décrits comme "riches en vitamines" et, de ce fait, susceptibles, croit-on, de procurer la santé. Malheureusement, dans beaucoup de pays, ce sont les citoyens les plus instruits qui en sont le plus convaincus : ils ne se rendent pas compte qu'à partir du moment où un individu a absorbé le minimum requis de ces aliments essentiels, tout surplus est gaspillé, même si cela peut rendre le régime plus attirant et plus agréable. L'ennui, c'est que la surconsommation de ces substances relativement peu abondantes par les pays riches aggrave la pénurie dans les régions plus pauvres. En vérité la malnutrition est courante dans tous les pays, mais les causes en sont la boulimie et la suralimentation dans une partie du monde et la pénurie d'aliments essentiels dans l'autre.

On attribue la pénurie alimentaire des pays les plus pauvres à la croissance non contrôlée de la population ; cela n'est vrai que dans une certaine limite. La croissance démographique est vraiment un problème sérieux et c'est un problème biologique qu'il faut inclure dans les programmes scolaires. Il est évident que si la population continue à croître au taux actuel dans de nombreux pays, il y aura bientôt beaucoup plus d'êtres humains que la terre ne peut en supporter, mais on est encore loin d'une telle situation et la nourriture n'est pas le facteur limitant. Si nous avions un gouvernement mondial efficace, il pourrait répartir la nourriture produite aujourd'hui pour assurer un régime suffisant à une population au moins double de la population actuelle.

La pénurie apparente de nourriture dans le monde est due à plusieurs facteurs. D'abord des parasites non contrôlés des récoltes et des aliments stockés prélèvent une lourde dîme allant peut-être jusqu'à 25 % de la récolte. Deuxièmement, le gaspillage dans la cuisine et la salle à manger de la nourriture achetée par les citoyens des pays riches est presque aussi important. Troisièmement, ceux qui mangent trop – et par là ruinent leur santé – font perdre encore une grande quantité. Mais le plus grand gaspillage consiste à nourrir le bétail dans des parcs d'engraissement avec des aliments que l'homme pourrait consommer, ce afin de produire les grandes quantités de protéines animales que beaucoup d'entre nous estiment, tout à fait à tort, indispensables au plan nutritionnel. Peu d'entre nous sont conscients de la perte qu'elle représente. Au Royaume-Uni, nous donnons plus de céréales au bétail que nous n'en consommons nous-mêmes : 92 à 99 % de ces céréales sont ainsi gaspillées.

Il peut sembler que cette affirmation nécessite une justification, car beaucoup d'entre vous ont dû entendre dire que, par exemple, on peut obtenir un taux de conversion de 2 à 1 avec des poulets à rôtir en élevage intensif. Cela signifie que 2 kilogrammes de nourriture donnés aux poulets permettent d'obtenir un gain de poids vif de 1 kilogramme, ce qui est un résultat très honorable. Mais ce qu'on ne réalise pas c'est que les aliments sont ici une ration sèche, à haute teneur en protéines contenant de la farine de poisson, du soja, du maïs et un appoint de sels minéraux et de vitamines. Bien que cela soit immangeable, cela ferait une excellente ration alimentaire pour humains. Deux kilogrammes de cet aliment donnent un kilogramme de poulet, mais quand on prépare le poulet pour le manger, on en jette la moitié (peau, etc.) et le reste contient deux tiers d'eau ; ainsi le réel taux de conversion est de 12 à 1 et non de 2 à 1. Les porcs et les bœufs élevés de façon intensive sont encore moins "efficaces". Mais tant qu'il y aura dans le monde un excès de céréales et de graines de soja, il n'y a rien de mal à les utiliser pour nourrir les animaux, pour produire de la viande que les plus riches mangent par plaisir – et non par besoin.

Voici donc quelques-unes des vérités qu'il faut inclure dans n'importe quel cours sur l'enseignement sur les rapports entre nutrition et démographie. Elles sont sans doute moins excitantes que les comptes rendus sur les famines, les dévastations agricoles et les morts inévitables qui s'ensuivent, mais elles peuvent aussi aider nos élèves à redresser certaines des erreurs qui nous ont conduits à la situation actuelle.

En conclusion, je voudrais une fois encore mettre l'accent sur la grave responsabilité de tous ceux qui enseignent la biologie, en particulier lorsqu'il s'agit de problèmes pratiques. Tous probablement ressentent très fortement les abus commis par leurs concitoyens, l'industrie et la civilisation envers l'environnement. Tous probablement se sentent très fortement concernés par la famine et la malnutrition des pays en développement. Ce sont là des sujets qu'ils doivent enseigner, mais il y en a aussi d'autres pour lesquels la vérité est difficile à démêler de la propagande qui arrive de tous côtés. S'ils peuvent montrer à leurs élèves comment distinguer la vérité d'une propagande partiale, ils auront apporté une contribution réelle et durable à leur éducation pour vivre au XXIe siècle.

Évolution des buts et des objectifs de l'enseignement de la biologie

Termes utilisés pour définir les buts et les objectifs de l'enseignement

Il n'y a pas de terminologie acceptée unanimement pour exprimer les nombreuses nuances en ce qui concerne les buts et objectifs de l'enseignement. Il est cependant courant de distinguer deux grands groupes de mots.

Groupe A. Il renferme les termes qui expriment les objectifs les plus larges de l'enseignement souvent à long terme comme finalités, buts, objectifs généraux, etc., par exemple, le comportement de l'individu plusieurs années après la fin de l'apprentissage (aptitudes à tirer des conclusions à partir de données, acquisition d'une attitude de respect et amour de la nature, etc.). On retrouve souvent les mêmes objectifs pour plusieurs matières du programme scolaire.

Groupe B. Termes qui ont trait à des objectifs plus spécifiques de l'enseignement dans le cadre d'une discipline donnée, la biologie par exemple. On parle alors communément d'objectifs spécifiques ou d'objectifs simplement. Il peut s'agir d'objectifs à long terme, aussi bien que d'objectifs à moyen terme (savoir dessiner des graphes ou réussir à des examens par exemple) et surtout d'objectifs à court terme (comme la connaissance des différentes étapes d'une voie métabolique).

Introduction à un exposé des objectifs

L'audience visée

Lorsqu'on fait un exposé des buts et objectifs de l'enseignement en biologie, il est important de savoir pour qui ils sont fixés. Ainsi, il est probable que les buts et objectifs d'un enseignement de biologie s'adressant à des élèves de lycée ne seront pas exactement les mêmes que ceux destinés à un groupe particulier d'étudiants ou au grand public ou même à des élèves du premier cycle de l'enseignement secondaire.

Le chapitre sur la " Contribution de la biologie à l'éducation scientifique du grand public et à son intérêt pour les sciences " contient une liste d'objectifs assez généraux pour s'appliquer à bon nombre de programmes scolaires (tableau 1).

Tableau 1. Buts de l'enseignement de la biologie dans les écoles

1.	Stimuler et entretenir l'intérêt pour l'apprentissage des processus scientifiques et développer le besoin de comprendre les causes des événements.
2.	Former aux savoir-faire et aux attitudes de la méthode scientifique.
3.	Transmettre une connaissance factuelle.
4.	Faire acquérir des savoir-faire moteurs.
5.	Inciter les élèves à conserver une composante scientifique dans leurs études à un niveau plus élevé.
6.	Encourager l'application des principes et des savoir-faire scientifiques à des situations extérieures à la science.
7.	Favoriser l'introduction de la science dans la vie culturelle de l'individu et de la société et contribuer ainsi à la disparition de la coupure entre ce qu'on appelle les deux cultures (littéraire et scientifique).
8.	Participer à la formation vers des carrières professionnelles en biologie.

Les grandes finalités de l'enseignement de la biologie sont les mêmes à tous les niveaux de l'enseignement : il s'agit d'aider l'élève à devenir un individu meilleur et un meilleur citoyen.

Pour éviter un exposé trop long des objectifs, il serait utile de choisir une audience concernée plus étroite. Supposons qu'il s'agisse d'élèves de quinze ans environ, de l'enseignement secondaire d'un pays. Admettons aussi que le cours de biologie représente dans l'emploi du temps 150 heures d'enseignement environ et qu'on dispose d'un laboratoire et de livres.

Objectifs généraux

" Le cours de biologie générale se propose de contribuer à l'évolution de l'élève en un être heureux et utile. " Cela est destiné à montrer à l'utilisateur du cours que la philosophie

qui sous-tend ce cours considère comme important aussi bien le bonheur individuel qu'un comportement préoccupé de l'intérêt général. Une autre présentation (Frazer, 1975) permet de dégager trois grands points dans les finalités des cours de biologie au niveau des enseignements secondaire et universitaire :

1. Préparer les élèves à la vie professionnelle.
2. Participer à l'éducation générale, c'est-à-dire à une éducation en vue d'une vie épanouie et utile dans la société contemporaine.
3. Informer les futurs citoyens de la nature et du rôle de la biologie dans la vie courante.

Au niveau secondaire, l'importance relative de ces trois points est $3 > 2 > 1$, alors qu'au niveau universitaire, cet ordre est inversé.

On peut noter en passant que les objectifs sont parfois établis en fonction de la rentabilité seulement, et non en fonction du développement individuel. Par exemple : "les objectifs actuels d'un enseignement universitaire sont de produire des individus, experts en différentes spécialités, capables de maintenir et de développer l'économie et la connaissance de pointe dans un nombre croissant de domaines" (Beard, 1968).

Qu'arrive-t-il quand il y a conflit entre ces deux types d'objectifs ? Par exemple, en voulant développer une attitude coopérative, on peut conduire l'élève vers un travail manuel pour cultiver un carré de plantes, tandis qu'en visant le bonheur individuel, on peut avoir à tenir compte du fait que certains individus ont horreur du travail manuel. Il faudra rechercher la solution de ces conflits lorsqu'on abordera d'autres aspects de la réalisation des curriculums, c'est-à-dire les méthodes à utiliser pour apprendre et enseigner. Mais il faut admettre, dès à présent, qu'il peut y avoir des conflits peu apparents entre les objectifs, que ces conflits peuvent être reconnus et qu'il faut savoir trouver des compromis.

Il faut reconnaître qu'il n'est pas habituel dans un exposé sur les buts et les objectifs, de présenter les finalités du cours de cette façon. En effet, une telle présentation paraît si banale qu'elle ne semble pas nécessaire ; de plus, cela s'applique à tout enseignement et pas spécifiquement à celui de la biologie ; enfin tout cela est vague et peut conduire à couper les cheveux en quatre indéfiniment, si bien qu'un réalisateur de curriculum à l'esprit pragmatique pourra considérer qu'il s'agit d'une perte de temps inutile. On peut en dire autant pour ce qui est de l'exposé de buts tels que développer la personnalité unique de l'élève, lui apprendre à s'adapter, à être conscient, à stimuler son goût pour la vie et pour le travail et sa compréhension à l'égard des autres et de leur travail.

Priorités parmi les objectifs

Il serait avantageux pour les utilisateurs d'un curriculum que les priorités soient déterminées et présentées dans l'exposé des objectifs du curriculum.

Pour indiquer les priorités, on peut utiliser une échelle comme celle consignée au tableau 2.

Tableau 2. Echelle des objectifs

Objectifs à poursuivre d'une façon intensive et en profondeur	I
Objectifs à poursuivre en profondeur	II
Objectifs à poursuivre comme élément fondamental du cours	III
Objectifs à poursuivre quand l'occasion s'en présente	IV
Objectifs qui sont formulés mais rarement poursuivis à cause de toutes sortes de contraintes, comme le manque de temps, de moyens matériels ou de maturité des élèves	V

Une autre manière d'indiquer les priorités est d'écrire par exemple : "Le curriculum met particulièrement l'accent sur : *a*) un contenu couvrant l'ensemble de la biologie ; *b*) l'usage de la méthode expérimentale dans la résolution des problèmes biologiques." C'est une façon de procéder plus vague, mais elle indique au moins assez clairement que le curriculum ne laissera pas de côté un sujet comme la génétique, ou l'évolution, ou la reproduction et qu'il ne considérera pas la science tout simplement comme une somme de connaissances.

On peut encore indiquer le nombre approximatif d'heures d'enseignement consacrées à chaque sujet dans le cours.

Dans les pays qui ont des systèmes d'examens publics, les sujets d'examens donnent aux élèves des preuves implicites de ce qui constitue, pour les examinateurs, les aspects prioritaires de l'enseignement susceptibles de donner lieu à examen. Ceux-ci peuvent d'ailleurs faire passer à un second plan d'autres priorités auxquelles les examinateurs accordent de la valeur (par exemple, aimer lire des livres de biologie) mais qui ne peuvent être soumises à examen pour le moment.

Objectifs

Il est commode de répartir les objectifs entre les trois domaines reconnus couramment dans l'expérience humaine, à savoir le domaine cognitif (connaissance), le domaine psychomoteur (savoir-faire) et le domaine affectif (sentiments). Il est admis que ces domaines interviennent souvent tous les trois au cours de l'apprentissage et que leur séparation, pour ce qui concerne l'enseignement de la biologie, est faite pour des raisons de commodité dans la présentation des objectifs. On sait aussi que vouloir faire quelque chose (domaine volitif) n'est pas la même chose qu'avoir des connaissances sur ce quelque chose, savoir comment le faire et se sentir d'humeur à le faire. L'exemple d'énoncé des objectifs présenté dans le tableau 3 est divisé en six sections : la somme de connaissances à acquérir ; les niveaux cognitifs et les particularités humaines et nationales qui doivent être développées au cours de l'acquisition du contenu ; les aspects de biologie sociale et appliquée qu'il faut favoriser au cours de l'acquisition des connaissances ; les savoir-faire intellectuels particuliers à développer ; les objectifs concernant les savoir-faire psychomoteurs ; les objectifs affectifs. Il est possible de regrouper ces rubriques de différentes façons.

Tableau 3. Objectifs spécifiques de l'enseignement de la biologie au niveau des lycées

1. Connaissance des principes

La classification des organismes (pour montrer l'unité et la diversité des organismes) – échelle des priorités, III
la barrière qui existe entre l'organisme et son environnement – V
L'apport d'énergie et de matière dans l'organisme – III
Les pertes d'énergie et de matière par l'organisme – III
Les transports de substances à l'intérieur de l'organisme – III
La coordination des fonctions à l'intérieur de l'organisme – III
Le mouvement des organismes – III
La reproduction des animaux et des plantes – III
Le développement des animaux et des plantes – III
La transmission héréditaire des caractères – III
L'évolution des organismes – II
Population, communautés et biosphère – III
La composition chimique des organismes – III
Les équilibres (y compris l'homéostasie) dans les organismes, les populations, les communautés et la biosphère – III
Les fondements biologiques du comportement animal – III
Les ressources bibliographiques en biologie – V

2. Les connaissances décrites ci-dessus doivent être traitées :

Pour permettre à l'élève de travailler non seulement au niveau de la mémoire et de la compréhension, mais aussi au niveau plus élevé de l'application, de l'analyse, de la synthèse et de l'évaluation[a] – II
De façon à montrer aussi les modalités de l'acquisition de connaissances en biologie – IV
De façon à mettre en relief la tendance à rendre quantitatifs les concepts biologiques – V
De façon à montrer l'évolution des connaissances en biologie – V
De façon à montrer les liens entre la biologie et d'autres sciences fondamentales – IV
En faisant référence particulièrement à la flore et à la faune du pays – II
En faisant référence aux recherches en biologie réalisées dans le pays même – II
En se référant tout spécialement à l'homme – III

3. Les différents points évoqués ci-dessus doivent servir à apprendre les faits et aspects biologiques des thèmes suivants de biologie sociale et appliquée :

Alimentation et situation alimentaire dans le pays – III
Situation alimentaire mondiale – IV
Santé et assainissement – IV
Climat, habillement et construction dans le pays – V
Modification de l'environnement résultant de l'activité humaine[b] – III
Croissance démographique dans le pays – III
Croissance démographique dans le monde – IV
Plans de développement nationaux – IV
Comportement des groupes humains – V
Guerre et paix – V
Expérience artistique – V

4. Au cours de l'acquisition des connaissances recensées ci-dessus (1,2,3), il faut développer les savoir-faire intellectuels suivants :

Savoir lire des données biologiques présentées sous forme de tableaux, diagrammes et graphiques – II
Savoir présenter des données biologiques sous forme de tableaux, d'histogrammes et de graphiques – III
Savoir résumer des données en termes de moyenne arithmétique, écarts et autres paramètres – V
S'habituer à rechercher dans un livre ou dans un article des faits ou d'autres indications sans les lire intégralement – V
Savoir tirer des conclusions à partir de données – III
Savoir proposer des hypothèses pour expliquer les conclusions – III
Savoir mettre sur pied une étude pour trouver des faits et concevoir des expériences permettant de vérifier une hypothèse – III
Savoir utiliser des livres de référence en biologie – V
Savoir rédiger les résultats d'une étude ou d'une expérience comme on le fait d'habitude en biologie – V

5. Objectifs concernant les savoir-faire psychomoteurs :

Savoir réaliser des recherches ou des expériences en relation avec les connaissances décrites ci-dessus (1,2,3,4), entre autres, savoir construire un appareillage simple pour réaliser les expériences – III
Savoir utiliser la loupe à main et le microscope – III

(De tels savoir-faire moteurs doivent être développés au moins jusqu'au niveau de la réponse guidée. Simpson (1969) a proposé une classification pour le domaine de la psychomotricité : elle distingue les six niveaux suivants : perception, attitude, réponse guidée , mécanisme, exécution automatique et adaptation.)

6. Objectifs de type affectif :

L'élève doit apprendre progressivement à aimer les êtres vivants et à respecter les équilibres naturels, à respecter également le droit d'utiliser ou de ne pas utiliser les réserves de matériaux d'origine biologique – IV
L'acquisition des connaissances et des capacités motrices répertoriées ci-dessus (1,2,3,4) doit être entourée d'une aura affective au moins au niveau de la valorisation de l'apprentissage – II

(La taxonomie du domaine affectif, selon Krathwohl *et al.* (1964) contient cinq niveaux principaux : accueillir (porter attention), répondre, valoriser, organiser et caractériser par une valeur ou un ensemble de valeurs.)

a. Les termes utilisés ici sont tirés de la célèbre *Taxonomie des objectifs en éducation* de Bloom *et al.* La citation suivante donne un exemple intéressant de l'opinion d'un groupe de réformateurs de curriculum de premier plan à propos de cette taxonomie. " La taxonomie de Bloom n'a été utilisée que comme un guide pour formuler les objectifs du projet Nuffield A-Level. Cette décision a été prise après des études minutieuses ; la leçon essentielle de cet examen est la suivante : s'il est possible de trouver des exemples biologiques (ou scientifiques) qui correspondent aux catégories de Bloom, il est beaucoup plus difficile et quelquefois impossible de faire coïncider celles-ci avec des objectifs repérables et destinés à des étudiants dans le cadre de l'enseignement de la biologie tel qu'on l'a défini. Ce qui est fait dépend de l'idée qu'on a des priorités. Nous considérons qu'il est plus important de mettre l'accent sur les objectifs propres à l'enseignement de biologie plutôt que sur la taxonomie de Bloom. Celle-ci définit une hiérarchie et une priorité des relations qui s'avèrent d'un intérêt limité dans le contexte spécifique du A-Level Biology " (Kelly, 1972).

b. Une attention toute particulière doit être portée aussi aux problèmes de l'environnement à petite échelle comme l'agriculture intensive, l'usage du tabac, etc.

L'exposé des objectifs ne donne aucune indication concernant la succession des thèmes au cours du déroulement du curriculum. Le chiffre romain qui est placé après chaque objectif indique le poids qu'il convient de lui donner d'après la clé du tableau 2.

Autres classifications

Le National Assessment of Education Progress (Etats-Unis) (1972-1973) utilise trois grandes catégories d'objectifs d'enseignement en science : *a*) connaître les aspects fondamentaux de la science ; *b*) les comprendre et les appliquer dans toutes sortes de situations complexes ; *c*) apprécier à leur juste valeur la connaissance et les processus scientifiques, leurs conséquences et leurs limites, les rapports (caractère plus ou moins adapté) des sciences et des techniques à l'individu et à la société. Chaque objectif " primaire " est divisé en " sous-objectifs ", chaque sous-objectif étant ensuite défini par des descriptions de comportement utilisées pour évaluer ce que l'élève a appris.

Comme exemple d'exposé délibérément bref des objectifs, on peut citer celui des documents du Nuffield Biology (ordinary level) :

Développer et encourager une attitude de curiosité et de recherche ;
Apprendre à voir les choses du point de vue actuel ;
Développer une compréhension de l'homme en tant qu'organisme vivant et de sa place dans la nature :
- L'utilité et les implications sociales de la biologie en ce qui concerne les besoins essentiels, c'est-à-dire l'alimentation et la santé publique ;
- L'influence profonde des activités de l'homme sur d'autres organismes ;
- En quoi l'étude de la biologie permet à l'homme d'interpréter les observations qu'il fait dans la vie de tous les jours, par exemple la répartition des plantes et des animaux.

Favoriser une prise de conscience de la variété de la vie et des analogies profondes entre les êtres vivants ;
Encourager le respect et l'attachement pour les êtres vivants ;
Enseigner l'art d'organiser des recherches scientifiques, la formulation des questions et la conception des expériences (en particulier, l'utilisation des témoins) ;
Développer une approche critique des faits ;
Développer les idées suivantes :
- La biologie s'est développée pendant des siècles, beaucoup de questions à propos de la vie demeurent sans réponse, mais nos idées sur la vie peuvent être modifiées par l'acquisition de nouvelles connaissances ;
- Ces connaissances en biologie sont le résultat des travaux de chercheurs dans plusieurs parties du monde, la poursuite de ces travaux est de nature internationale ;
- Elles s'appuient non seulement sur l'observation et l'expérimentation, mais aussi sur le fait qu'on se pose des questions sur la formulation et la vérification d'hypothèses et, par-dessus tout, sur la communication entre les gens ;
- Les nouveaux travaux en chimie, physique et mathématiques facilitent nos progrès en biologie.

Pays développés et pays en développement

Si les buts et les objectifs essentiels sont les mêmes pour les deux types de pays, le contenu des cours ne doit pas être nécessairement le même : en fait, le contenu peut être particulier à chaque pays en fonction des différences de flore et de faune et des problèmes sociaux et écologiques auxquels les pays sont confrontés.

Facteurs qui déterminent les finalités, les buts et les objectifs de l'enseignement

Les facteurs les plus importants qui ont des effets décisifs sur le choix des finalités, des buts et des objectifs de l'enseignement conduisent à se préoccuper :
Du développement de l'élève en tant qu'individu ;
Des priorités dans le système social dont fait partie l'élève ;
De l'éthos de la discipline étudiée ;
Des idées générales concernant la façon d'apprendre ;
Du professeur ;
De la disponibilité des moyens techniques à employer ;
Des croyances religieuses ;
Des pressions culturelles ;
Des aspects commerciaux.

Dans les paragraphes suivants, on donnera pour illustrer ces influences des exemples tirés de l'enseignement actuel en biologie. Dans la pratique, on doit s'attendre à ce que plusieurs facteurs contribuent au développement d'un objectif donné – cela est aussi vrai dans l'enseignement de la biologie que dans la vie courante. Par exemple, prenons

l'objectif suivant : aider l'élève à apprendre les modalités de la reproduction chez les vertébrés. Ce choix peut être motivé par le souci d'aider l'élève dans sa formation d'être humain, par celui d'une priorité sociale comme le problème de la croissance des populations humaines, par la volonté de ne pas négliger dans un enseignement des phénomènes biologiques aussi importants que la reproduction, par la prise en considération des pressions culturelles (comme la réduction du degré d'hypocrisie dans les relations humaines). Néanmoins, l'influence décisive qui détermine l'inclusion d'un but ou d'un objectif est souvent plus nette.

Buts et objectifs visant le développement de l'élève en tant qu'individu

Dans les sociétés occidentales, on tend à accorder une grande valeur au développement de soi, plus qu'à toute autre chose. Un rapport réalisé en 1973 aux Etats-Unis par la National Commission on the Financing of Post-Secondary Education a montré que le développement de soi était la raison majeure donnée par les étudiants pour continuer leurs études au-delà des écoles secondaires, la deuxième raison importante étant la possibilité de trouver un emploi (*The Times higher education supplement*, 7 février 1975).

L'individu : le domaine cognitif

Réfléchir par soi-même

Tous les cours de biologie contemporains tendent à retenir comme but essentiel l'indépendance de la pensée de l'élève. Une grande variété de termes sert à indiquer les facettes différentes de la pensée : ouverture d'esprit, recherche, découverte, solution de problèmes, aisance, souplesse, discernement, originalité. Le matériel d'enseignement préparé spécialement pour répondre à ce but comprend des unités de discussion, ou des ensembles plus complexes comprenant des lectures, de petites réalisations expérimentales, etc. Des études ont cherché à montrer si les possibilités de réflexion sont améliorées par l'utilisation des cours du BSCS (Woodward), les films de recherche du BSCS (Castelli, 1970), les *Invitations à la recherche* proposées par le BSCS (Starr, 1970), et par l'alternance d'un enseignement inductif et déductif (Egelston, 1973). On a fait des analyses du concept de recherche (Bingman, 1969), dont une en Thaïlande (*Teaching by inquiry*) et un article de synthèse concernant la recherche pédagogique sur l'enseignement de la science (Ramsey et Howe, 1969). On dit que les professeurs à l'esprit ouvert réussissent souvent mieux que les professeurs autoritaires, par rapport aux normes idéales recommandées par le BSCS (Jones et Blankenship, 1972).

Apprendre à apprendre

Ici le but est de donner à l'élève l'habitude d'apprendre de son propre chef pour qu'il puisse continuer à apprendre pendant toute sa vie et qu'il ne se limite pas aux apprentissages fondamentaux : lecture, écriture, calcul.

Il y a eu des essais pour atteindre ce but en biologie, parmi lesquels l'utilisation de matériel structuré par l'élève (Penick *et al.*, 1974) et l'enseignement individualisé avec le matériel du BSCS (Fulton, 1970).

Connaissances de base

Selon les termes de T. H. Huwley, le but est "de procurer aux élèves les parties les plus importantes de cette immense expérience capitalisée de l'espèce humaine que nous appelons la connaissance..., les grandes vérités fondamentales de la nature ". Le fait d'être instruit en matière scientifique va plus loin que la connaissance scientifique pure et simple ; il a été analysé selon trois composantes : les faits, les méthodes et l'impact culturel (Klopfer, 1969), mais la connaissance des faits reste nécessaire pour des opérations cognitives plus élevées, même au niveau de l'école primaire. Il ne s'agit certainement pas de considérer l'élève comme un simple récipient à remplir. Les préoccupations dans ce sens ont conduit récemment à la réalisation de matériels pour programmes d'auto-enseignement des adultes (Advanced General Education Program).

Intégration de la connaissance

En partant du principe que la division des sciences en " disciplines " ou en " sujets " est arbitraire et une simple question de commodité pour les enseignants et les savants plutôt que pour les élèves, des éducateurs ont fait valoir qu'il faut aider l'élève à reconnaître l'unité de la science et le caractère artificiel des divisions habituelles. Les conséquences pratiques de ce point de vue intégrateur ont pris différentes formes.

Intégration à l'intérieur du cadre de la biologie

Le responsable du programme d'enseignement prépare un cours qui s'appelle toujours biologie, mais qui comprend beaucoup d'éléments provenant d'autres disciplines parmi lesquelles la physique, la chimie ; le cours du BSCS *Human sciences* pour l'école moyenne en est un exemple. Même les versions bleue, verte, jaune du BSCS pour la dixième année d'école aux Etats-Unis sont imprégnées de cette façon de voir, surtout depuis qu'on a introduit la physique et la chimie dans les onzième et douzième années du système scolaire. Dans les universités, des efforts ont été faits pour que différents départements délimitent la partie qui leur est commune et fassent des cours en association dans ce domaine commun (Apostel *et al.*, 1972). On peut noter aussi la tendance actuelle dans des universités d'Angleterre et du pays de Galles à abandonner progressivement des diplômes à une seule discipline (*honours*) au profit de nouveaux qui en concernent deux ou davantage. Le chapitre "Evolution et problèmes relatifs à l'élaboration des cours de biologie propédeutiques " décrit celui mis en place à l'Université de Bath pour intégrer l'enseignement de la biologie autour de trois thèmes fondamentaux (la répartition

des organismes, le flux d'énergie dans les écosystèmes, le gène comme élément de la continuité des populations).

La biologie intégrée dans la "science générale"

La biologie disparaît alors comme discipline séparée : ses thèmes sont incorporés à ceux de la chimie, des sciences de la terre, de la physique, etc., en une science générale. On peut citer de nombreux exemples :

Angleterre : Nuffield Combined Science (années 7-8) ;
Nuffield Secondary Science (pour ceux qui quittent l'école au niveau de l'école moyenne) ;
Foundation Science Course of the Open University.
Ecosse : Science for the 70's (années 8-9), (Mee *et al.*, 1971).
Sri Lanka : Science (années 6-9) ;
Etats-Unis : Idea-centred lab -science (I-CLS)
Two-year, Three-year, Four-year, high-school integrated science programmes ;
Unified science approach K 1-12 (Showalter, 1968).

L'individu : le domaine affectif

L'éducation des sentiments a pris une grande place dans la pensée éducative. Plutarque nous a laissé des propos mémorables disant que l'esprit d'un enfant n'est pas "une coupe à remplir mais un feu à attiser". Agricola (XVe siècle) écrivait : "Si quelque chose porte un nom contradictoire, c'est l'école — les Grecs l'appelaient *schole*, ce qui signifie loisir, détente, et les Latins *ludus*, c'est-à-dire jeu. Mais rien n'est plus éloigné de la détente et du jeu." William Godwin (vers 1800), utilisant une métaphore biologique, remarquait que "les leçons formelles de l'enseignement passaient sur lui sans faire vibrer une seule fibre de son cœur mais que ses propres méditations lui faisaient bondir le cœur et bouillir le sang".

L'éducation dans le domaine affectif peut se traduire en termes d'objectifs, comme celui d'aider l'élève à développer et à cultiver le respect et l'amour des êtres vivants, des livres et de l'étude. Le chapitre concernant "L'évaluation et la diffusion d'un curriculum" remarque qu'il faut "inclure de la valeur esthétique d'un arbre, d'une fleur, d'un oiseau ou de l'herbe dans les éléments qui permettent une meilleure prise de conscience de l'environnement. Dans certaines cultures, comme au Japon, cet aspect a atteint un haut degré de raffinement. Ailleurs, il n'est même pas pris en considération".

On a insisté récemment sur la nécessité de se préoccuper du domaine affectif dans l'enseignement de la biologie (Kuhn, 1973). Glass (1970) donne une liste des objectifs de type affectif en biologie et un compte rendu de son utilisation dans la classe.

Des mesures d'objectifs de type affectif chez des étudiants en biologie ont été décrites. (Selmes, 1973 ; Simpson, 1973 ; Skinner et Barcikowski, 1973). Une des idées directrices du grand mouvement qui a conduit depuis peu de temps à la production de matériels permettant une auto-instruction et de cours divisés en modules est d'aider l'élève à prendre plaisir à apprendre en lui permettant de le faire à son heure, à son rythme et à son goût [1]. Une autre tendance récente et très importante, l'enseignement à l'extérieur de l'école, se rattache aussi à cette recherche du plaisir de l'étude. Des expressions comme "enrichissement des programmes par l'enseignement à l'extérieur" traduisent la même intention. Le principe de l'instruction par les méthodes de la découverte est fondé sur le désir d'engager affectivement l'élève [2]. L'expression thèmes "chargés de sens" est pleine de résonance affective.

Un autre objectif de type affectif est le sens de la responsabilité. On soutient que la pratique dans les collèges de prendre des élèves plus avancés pour enseigner aux plus jeunes développe le sens de la responsabilité chez les élèves (Wise, 1968). On dit que la confiance en soi est l'une des conséquences des méthodes d'auto-enseignement. La conviction profonde des professeurs qu'il est important de fournir une expérience réelle aux élèves, a une résonance affective. N'est-ce pas l'une des principales raisons pour travailler sur le terrain avec les élèves pour faire du travail de groupe (Sutcliffe, 1973), pour faire la classe au milieu de l'environnement (Hawkins et Winton, 1973) et des visites à des aquariums, des jardins et des zoos (Turkowski, 1972) ? Le travail sur le terrain peut avoir une multitude d'aspects qui permettent de cultiver le sentiment de la nature : centres d'étude de la nature (Hoban, 1973), activités extrascolaires, y compris un vaste programme soutenu par l'Unesco (Stevens, 1969), cours de vacances pour les étudiants (Perkins, 1973) grandes randonnées et travaux personnels. Les excursions ne sont pas forcément supérieures aux cours magistraux en ce qui concerne la connaissance et les attitudes qui en découlent chez les élèves (Brady, 1972). La relation entre la dimension affective de l'enseignement et l'acquisition de connaissances a été étudiée dans quelques cas. Un fort impact affectif peut améliorer les résultats dans certaines situations (par exemple, on a montré que des professeurs appréciant fortement le travail expérimental induisaient chez leurs élèves des capacités plus grandes que la moyenne dans des activités de recherche (Driver, 1969), mais cela n'allait pas forcément de pair avec de meilleures connaissances. Il se pourrait même que ce soit l'inverse : grand impact affectif, faible savoir (Schock, 1973). Des élèves qui aimaient la biologie à l'école secondaire pouvaient l'abandonner en cours d'université. Dans certains domaines, des attitudes affectives fortement marquées ont beaucoup moins d'influence que des activités cognitives, par exemple en ce qui concerne l'apprentissage de la génétique.

1. Ce vieux moyen éducatif qu'est le livre a toujours eu l'avantage de laisser l'élève apprendre à son heure et à son rythme. Certains éducateurs ont toujours tenu compte de l'individualité de l'élève. Pavlov, évoquant avec gratitude son éducation secondaire dans un séminaire à Ryazan en Russie (vers 1860) écrivait : "Chacun pouvait se laisser aller à ses propres goûts intellectuels, ce qui n'était pas le cas — malheureusement — dans le fameux lycée Tolstoï." (Tolstoï était un ministre de l'éducation qui fit des lycées des écoles de scholastique avec une discipline dure).
2. Emile (Jean-Jacques Rousseau) "sait peu de chôses mais ce qu'il sait est réellement à lui. Ses pensées ne sont pas dans sa langue mais dans son esprit. Ne lui enseignez pas la science, laissez-le découvrir".

Buts et objectifs en rapport avec les priorités dans le système social auquel l'élève appartient

Les violons mènent la danse : quand les violons qui fournissent l'éducation sont une institution ou un gouvernement, la danse qu'ils mènent – comme on peut s'y attendre – est le reflet des intérêts de cette institution ou de ce gouvernement. Même dans l'utopie qu'est l'île de Pala dans le Sud-Est asiatique, le but de l'éducation était de "vivre autant que possible comme des êtres humains en harmonie avec le reste de la vie, à cette latitude sur notre planète" (Aldous Huxley). En d'autres termes plus nets, l'élève est un morceau d'argile qu'il faut mouler en une forme fine et utile ; il doit avoir des connaissances sur son propre pays et non pas seulement sur le monde en général (Unesco, 1969) et il faut illustrer, chaque fois que c'est possible, les principes qu'il apprend par des exemples tirés de son propre environnement. C'est un objectif des programmes d'enseignement qui font une grande place aux données concernant le pays lui-même, par exemple à Sri Lanka (Basnayake, 1974) ou à l'utilisation des plantes communes locales dans l'enseignement de la biologie, par exemple aux Philippines (*Interaction of living things and their environment*) et au Nigéria (Lawton, 1972). Les élèves des écoles secondaires dans les pays arabes doivent apprendre l'importance du rôle des biologistes avec référence particulière à celui des hommes de science arabes (ALECSO, 1973).

Les applications de la biologie pour la société suscitent un intérêt général chez les enseignants (Grobman, 1970). Les cours destinés à des carrières faisant appel à la biologie doivent tenir compte des besoins de la société. Le chapitre "Evaluation et diffusion d'un curriculum" souligne que les cours doivent déboucher sur des questions incluant des sujets comme la reproduction, le contrôle des naissances, la pollution, les populations, l'agressivité et autres problèmes de la vie courante. Il y a des curriculums et des examens en biologie sociale (par exemple *A-Level social biology*). Un des buts du *Nuffield Advanced Biology Curriculum* est d'entraîner l'élève à "évaluer les implications des connaissances en biologie pour l'humanité". L'extension la plus considérable, actuellement, de la biologie appliquée dans les programmes des écoles et des premiers cycles universitaires concerne le domaine de l'écologie et de l'environnement. Il y a énormément de cours, de parties de cours, de textes, de matériels, de revues, de guides, de rapports de conférences, etc., consacrés à ces sujets. Certaines institutions s'y consacrent entièrement, par exemple l'Ecology College (Goodman, 1973) et l'Université du Wisconsin à Green Bay. Ceux-là – et d'autres – incluent dans leurs programmes des projets de recherches en environnement menés par les étudiants. L'enseignement en plein air est une entreprise énorme. La protection de la nature est un aspect important des études d'environnement. L'étude de la cité et de l'aménagement du territoire est l'un des résultats de cet intérêt pour l'environnement (Brandwein *et al.*, 1971).

Il y a des différences géographiques très nettes dans les problèmes de l'environnement qui intéressent l'enseignement de la biologie ; même à l'intérieur d'un pays comme les Etats-Unis, le problème peut concerner la pollution de l'air en Californie, la pollution de l'eau dans le Wisconsin et l'utilisation des terres à Hawaii. Des préoccupations nationales comme la santé publique, l'agriculture et les pêcheries trouvent une place dans les programmes de biologie. Une courbe croissante en permanence qui peut traduire une multiplication anarchique a donné naissance à l'un des plus grands efforts de rénovation des programmes de biologie, à savoir l'éducation démographique (Viederman, 1970). L'éducation sexuelle est aussi une préoccupation importante dans certains pays. Le chapitre sur l'"Evolution des moyens et des critères utilisés pour contrôler les résultats des étudiants" constate que le "contrôle de groupe met l'accent sur la coopération plutôt que sur la compétition ; cela est considéré, dans certains pays socialistes, comme un aspect très important de l'éducation morale".

Des préoccupations d'ordre social et humaniste sont en partie à l'origine d'autres finalités de l'enseignement de la biologie, comme développer les capacités d'innovation chez les élèves et cultiver un sens de l'internationalisme en science. Les pratiques innovatrices mises en place prennent généralement la forme d'un travail d'investigation fait par l'élève permettant d'accéder au nouveau savoir. (Thornton, 1972 ; Tyron *et al.*, 1973). Il convient de souligner l'importance de l'écologie à la fois à l'échelle du globe (avec des sujets généraux comme le tabagisme) et locale (avec des sujets comme le rôle des forêts en Finlande par exemple).

Buts et objectifs provenant de l'ethos de la biologie

Chaque profession a tendance à veiller à ses propres affaires et peut-être même à étendre son influence sur les secteurs voisins de l'activité humaine. Les biologistes, par l'action de leurs associations professionnelles, ont eu une influence puissante dans le grand mouvement de rénovation des programmes d'enseignement des années soixante. Le BSCS a pris naissance de cette façon et le Nuffield Biological Science était entièrement sous le contrôle des biologistes de métier. Un peu plus tard, la biologie des premiers cycles des universités aux Etats-Unis est passée sous l'influence de la Commission on Undergraduate Education in the Biological Sciences (CUEBS) (Kormondy, 1972). Les buts et objectifs d'une éducation biologique, tels que les suggèrent les biologistes de métier, ont toute chance d'être très influencés par l'ethos de la biologie. Cela s'est manifesté dans deux directions :

Faire que le contenu du cours de biologie soit bien représentatif à la fois de la biologie dans son ensemble et des découvertes récentes les plus importantes dans cette discipline susceptibles d'être transmises ;

Faire que le travail de l'élève ressemble à celui du biologiste de métier en ce qui concerne la résolution des problè-

mes de biologie. Les deux tendances ont eu des effets décisifs sur les cours de biologie générale préparés pour des enfants de 14-15 ans. Les exemples les plus frappants des années soixante furent les trois versions du BSCS (bleue, verte, et jaune), et, en Angleterre, les textes du Nuffield Biology pour la fin du premier cycle de l'enseignement secondaire (ordinary level). Cette influence s'est étendue à tous les niveaux de l'école dans certains programmes nouveaux sous forme de "concepts de biologie accessibles aux enfants, du jardin d'enfants à la classe 12", ou jugés comme tels par des experts en biologie (Thompson, 1970). Les biologistes de métier sont invités à participer à la préparation du contenu des cours dans des secteurs variés de la biologie comme la protection de la nature (Ronfeldt, 1969 ; Roth *et al.*, 1970) et les sciences de la mer (Mangelsdorf, 1966 ; Driscoll *et al.*, 1972). On s'est intéressé aussi à la biologie spatiale (Lee *et al.*, 1969). Le même désir des spécialistes d'être représentés se manifeste au niveau des premiers cycles universitaires (Lewis, 1973). Ce souhait de faire un cours de biologie moderne à tout prix peut, bien sûr, conduire à des énormités. Le chapitre sur l'"Evolution des moyens et des critères utilisés pour contrôler les résultats des étudiants" fait remarquer que "des épreuves sous forme d'essais ont permis de montrer que l'introduction de sujets complexes et difficiles comme les voies métaboliques et la biologie moléculaire a conduit à une mémorisation par cœur excessive". Dans le chapitre "Evaluation et diffusion d'un curriculum", on signale que : "il se pourrait bien que la vogue actuelle de la biologie moléculaire, de la biologie quantitative, les mécanismes génétiques et autres sujets analogues ne contribuent pas à la résolution des problèmes dans les régions où existe une cruelle pénurie d'ouvrages documentaires sur l'environnement et la systématique des organismes locaux".

En dehors de la mise à jour du contenu du cours, les biologistes de métier se sont aussi intéressés à un problème convexe, celui de faire passer dans le système scolaire d'un pays les résultats de sa recherche actuelle et passée, par exemple à Sri Lanka (Basnayake, 1975).

La seconde orientation qui est venue des biologistes de métier est la transformation de l'étudiant en biologie en un mini-professionnel. L'étudiant doit apprendre à sentir un problème biologique et à communiquer ses découvertes. L'accent est mis sur la science biologique prise comme une méthode, un moyen de résoudre les problèmes. On prétend que cette méthode demeure, tandis que le produit change (Connelly, 1972). Le fait qu'un programme d'enseignement inclut ou non la méthode devient un signe de la valeur de ce programme (Saunders, 1972). Certains estiment que les nouveaux programmes sont meilleurs en ce qui concerne l'enseignement des méthodes scientifiques, mais certaines de ces déclarations sont controversées (Strauss, 1970). Le Nuffield A-Level Biology Project a inclus parmi ses objectifs la formation de l'élève pour qu'il contribue de façon créative à des études de type recherche et à des résolutions de problèmes (Kelly, 1972).

L'influence des grandes théories sur l'apprentissage

Plusieurs idées générales qui font partie des théories de l'apprentissage ont eu une influence puissante sur le choix des buts et des objectifs dans l'enseignement. Les exemples donnés ci-dessous sont pris dans le domaine de l'enseignement de la biologie.

Première idée. La matière intéressante (qui a un sens) pour l'élève est mieux apprise que celle qui ne l'est pas.

Cela a conduit à faire disparaître des objectifs anciens et néfastes comme l'apprentissage des détails taxonomiques en botanique et en zoologie et en inclure d'autres comme l'apprentissage de la biologie de l'homme et les sujets à la mode, d'intérêt actuel sur le plan personnel, national et international. Cela est particulièrement net dans la réalisation des matériels pour élèves lents. Le BSCS a conçu un ensemble de ce type appelé *Me and my environment* et *Me now* pour enfants éducables bien que handicapés mentaux (EMH). Le BSCS a aussi créé *Human sciences* pour enfants normaux de 11 à 13 ans. On présente aux élèves un choix d'activités à l'intérieur de chaque unité d'étude.

Il peut y avoir contradiction entre le désir qu'a le maître de rendre les choses intéressantes et certains des objectifs de l'enseignement de la biologie, comme le souci de couvrir de façon représentative l'ensemble de la discipline, ou de faire faire des exercices destinés à l'acquisition des savoir-faire biologiques. Le conflit peut être résolu par un compromis (par exemple en rejetant l'idée que tout doit être intéressant) ou en rejetant l'objectif primitif (par exemple en autorisant les étudiants à choisir des unités centrées sur un concept qui les intéresse dans un cours sur les grands principes de la biologie).

La théorie sur l'apprentissage suggère aussi qu'un engagement affectif très fort peut réduire la somme de connaissances acquises (voir plus haut).

Deuxième idée. Les éléments de connaissance doivent être organisés et placés dans un cadre significatif.

Un cadre organisé de façon significative ne veut pas dire forcément un cadre de travail intéressant. Cela traduit une structure cognitive logique qui se dégage de la nature du sujet lui-même. L'objectif qui en découle est d'apprendre cette structure logique. Aux Etats-Unis, à propos de l'enseignement sur la conservation de la nature dans les classes allant du jardin d'enfants à la seizième année d'étude, ceux qui s'occupent de la protection de la nature ont été d'accord pour estimer qu'une organisation par thème est une structure conceptuelle de la discipline plus utile pour apprendre et enseigner que les concepts de conservation centrés sur les problèmes agraires tels qu'on les enseigne communément dans les écoles (Roth, 1970). On peut éla-

borer des modèles pour un programme de biologie en fonction d'une théorie psychologique de l'apprentissage comme celle de la hiérarchisation de l'apprentissage proposée par Gagné. Ausubel (1970) considère qu'on met trop l'accent sur la méthode (recherche, activité) aux dépens de la structure cognitive de la discipline ; il insiste sur l'importance pour l'élève d'utiliser des " éléments organisateurs ", constitués par des énoncés *généraux* et inclusifs que reçoit l'élève avant qu'il aborde de nouvelles tâches d'apprentissage et qui lui fournissent des points d'ancrage au sein de sa structure cognitive (voir le chapitre sur la " Compréhension des processus de l'apprentissage et l'efficacité des méthodes d'enseignement "). En expérimentant sur les enfants les plus âgés de l'école élémentaire, on a trouvé qu'on peut faire acquérir une somme de connaissances et non seulement des capacités de pensée, en se fondant sur les théories de l'apprentissage qui veulent qu'un apprentissage verbal significatif dépende à la fois du lot de connaissances de l'élève et de son esprit d'analyse (Klopfer, 1969).

Apprendre par l'action

Cette doctrine a été l'un des facteurs qui a conduit à faire pratiquer la science biologique aux étudiants comme à des mini-professionnels. Cela peut améliorer l'apprentissage, mais les travaux en laboratoire ne constituent pas la seule voie valable pour apprendre la biologie, pas plus que pour la physique nucléaire ; d'autres approches ont été décrites (par exemple, une approche socio-historique de la biologie) (Boles, 1968).

Le transfert de la formation

La psychologie de l'apprentissage a, depuis des années, mis en doute l'hypothèse des enseignants selon laquelle des principes enseignés à leurs élèves sont appliqués à des situations extérieures à la classe. Ce scepticisme à propos du transfert de la formation a conduit à introduire dans les cours l'objectif de former l'élève à appliquer ses connaissances à des situations nouvelles et celui d'apprendre des sujets spécifiques en biologie appliquée et à ne pas laisser cela au hasard.

Les objectifs de comportement

Les objectifs de performance et les objectifs d'instruction sont ceux qui définissent le comportement qu'on attend de l'élève pour montrer qu'il a appris. Ils indiquent clairement à l'élève ce qu'on attend exactement de lui après qu'il ait appris, bien qu'il puisse ne pas mieux réussir que son camarade à qui on n'a pas indiqué l'objectif de comportement. Ils montrent clairement au professeur et à l'examinateur ce qu'ils sont en droit d'exiger de l'élève pour mettre en évidence ce qu'il a appris. Un objectif tel que " l'élève devrait apprendre la classification des vertébrés " n'est pas un objectif de comportement (et peut être appelé un préobjectif si un terme différent est nécessaire (Korgan et Wilson, 1973) tandis que " l'élève devrait être capable de donner le nom de la classe à laquelle appartient le lézard " en est un. Les objectifs de comportement se traduisent par des verbes décrivant l'activité attendue de l'élève, par exemple : il " prend des notes ", " il expose ", il " met au point " (le microscope), il " trace " (un graphique), etc.

Le Nuffield A-Level Biology Project utilise les objectifs de comportement consignés dans le tableau 4 pour évaluer les résultats finaux des élèves (Kelly, 1971). On les a appelés " les systèmes de comportement ".

Les objectifs de comportement sont aussi devenus plus populaires dans les cas où dans un système scolaire le matériel du même programme d'enseignement a un grand nombre d'utilisateurs et qu'on désire avoir, dans des limites raisonnables, un niveau commun pour l'ensemble du système. Ils sont utilisés par exemple dans le *Comprehensive Monitoring Program* (CAM), dans le *Sequoia Union High School District* (Californie) et le *Human sciences* du BSCS pour l'école moyenne.

On a aussi formulé des objectifs de comportement pour des cours de biologie dans les premiers cycles universitaires (Creager, 1973) et pour la formation des maîtres.

Tableau 4. Systèmes de comportement, dans le Nuffield A-Level Biology Project

A. Rappeler un ensemble de connaissances biologiques dans lequel il faudra faire un choix entre différentes idées et montrer une compréhension des relations.
B. Rédiger des projets de recherche et des descriptions explicatives de thèmes biologiques.
C. Résoudre des problèmes écrits comprenant des données biologiques.
D. Acquérir, comprendre et utiliser des informations à partir de lectures et les rattacher à d'autres connaissances.
E. Réaliser des travaux pratiques, enregistrer et manipuler les résultats.
F. Entreprendre un travail personnel comprenant les catégories opératoires suivantes :
Exposé et prise en considération des problèmes dans le domaine d'intérêt retenu ;
Choix d'un sujet limité pour des recherches pratiques ;
Recherche de connaissances sur ce sujet ;
Planification de la recherche ;
Relevé des données ;
Interprétation des données ;
Mise en relation des données et du fond de connaissances antérieures ; suggestion pour de nouvelles recherches ;
Bibliographie.

Le développement des moyens d'auto-enseignement, dans lesquels l'élève contrôle lui-même ce qu'il a appris, a stimulé la pratique d'énoncer par écrit des objectifs de comportement. Les épreuves sont construites pour vérifier les comportements qui ont été définis. La pratique est commune dans les cours du système dit audio-tutorial[a] et les cours gérés par ordinateurs.

a. Voir le chapitre sur l'" Influence des nouveaux équipements et des moyens techniques d'enseignement sur l'enseignement de la biologie ".

Les listes d'objectifs de comportement sont souvent longues et fastidieuses. Elles peuvent aussi se préoccuper de détails mineurs pour lesquels des comportements peuvent être aisément définis (par exemple, l'élève auquel on montre une image de vertébré commun doit en faire la diagnose oralement pour le classer parmi les poissons, les amphibiens, les reptiles, les oiseaux ou les mammifères) et ignorer des comportements plus difficiles à définir d'une façon réellement utile pour vérifier pratiquement que l'objectif a été atteint (par exemple l'amour et le respect des êtres vivants ou l'habitude de lire des livres de biologie). Frazer (1975) a fait l'inventaire des arguments favorables et défavorables à cette pratique de rédaction de longues listes d'objectifs. Parmi les six avantages répertoriés, on trouve : "les professeurs et les élèves sont d'accord ; il n'y a pas d'équivoque sur ce que chacun essaie de faire ; l'élève voit clairement ce qui peut être introduit dans le cours incidemment ou à titre d'exemple ", et parmi les sept inconvénients recensés : "les élèves supportent mal qu'on les nourrisse à la petite cuillère ou qu'on leur lave le cerveau comme cela se produit dans ce type d'approche ". Il n'y a jusqu'à maintenant aucune preuve qui permette de dire nettement si la définition des objectifs favorise l'apprentissage ou non (contrairement à ce qui se passe pour l'organisation des cours ou l'élaboration des examens).

Il est fastidieux de formuler des objectifs de comportement, comme il est difficile de préparer des sujets d'épreuves. Les circuits commerciaux vont sans doute commencer à s'intéresser aux premiers, comme ils l'ont fait pour les derniers (ce qui est devenu une grosse affaire). Il existe un *Instruction Objectives Exchange, Biology 10-12,* organisé par le Center for the Study of Evaluation, Université de Californie, Los Angeles. On trouvera une bibliographie annotée sur les objectifs de comportement dans Bingman (1969).

Apprendre à apprendre

La théorie de l'apprentissage — soutenue par l'expérience courante — suggère qu'il y a des stratégies générales applicables pour apprendre différentes choses. Si on donne à l'élève une formation dans ces stratégies générales d'apprentissage, on peut supposer raisonnablement qu'il continuera plus facilement à apprendre toute sa vie. C'est le point de départ de l'objectif "apprendre à apprendre ". Il a fait naître des quantités de matériels en supplément, en particulier des petits livres sur des sujets de biologie.

Objectifs nés d'une préoccupation à l'égard de l'enseignant

Il peut paraître curieux de parler d'objectifs qui concernent en priorité l'enseignant plutôt que de l'élève. Mais, après tout, il faut donner à l'enseignant le temps et la possibilité d'approfondir ses études et son expérience. L'un des objectifs des programmes d'auto-enseignement est d'économiser le temps du maître et il est souvent explicitement affirmé : par exemple, le cours de pédagogie au niveau des premiers cycles universitaires appelé le *SLATE programme* fait gagner du temps (Foth, 1967). Un congrès sur l'enseignement des techniques des laboratoires médicaux conseille l'usage de matériel d'auto-enseignement pour gagner du temps sur la formation (*Manpower for the medical laboratory*). Faire enseigner les élèves les plus jeunes par les plus âgés dans un collège a pour objectif, entre autres, d'aider les enseignants à trouver du temps pour mettre à jour leurs connaissances (Wise, 1968). Ce type d'objectifs s'applique aux méthodes et aux matériels d'enseignement, tout en laissant intacts les objectifs de l'éducation biologique de l'élève lui-même.

Objectifs nés du souci d'utiliser les techniques existantes

Nous vivons dans un monde imprégné de technologie. Certains éducateurs pensent que les programmes scolaires ne reflètent pas du tout cet aspect et que le résultat est que les élèves sont "illettrés" en technologie. Les techniques de l'informatique ont ajouté de nouveaux objectifs au cours de biologie, par exemple la simulation en écologie au niveau universitaire. A côté de cela, le vieil objectif d'apprendre à improviser un appareillage simple reste vivant (Lockard, 1972). Au chapitre sur "L'influence des nouveaux équipements et des moyens techniques d'enseignement sur l'enseignement de la biologie ", on précise qu'il y a eu des cas "de véritables gaspillages financiers par l'installation d'équipements raffinés qui ne transmettent que des messages médiocres ou plus simplement des informations qu'auraient pu apporter des moyens moins onéreux (un simple tableau noir par exemple). "

Objectifs nés de la prise en considération des croyances religieuses et des pressions culturelles

La connaissance des aspects biologiques de la reproduction humaine devrait-elle être un objectif de l'enseignement de la biologie ? Les pressions culturelles obligent l'enseignant à trouver un compromis situé quelque part entre la suppression totale d'un tel enseignement et une formation concrète dans le domaine de la sexualité.

Au début des années soixante, le BSCS estimait qu'il était audacieux de publier les mêmes matériels pour les différentes régions des Etats-Unis en ce qui concerne l'enseignement de la reproduction humaine et celui de l'évolution (Grobman, 1969). Si les matériels des programmes de biologie étaient laissés entièrement au bon vouloir et aux tendances du commerce, le résultat serait tout à fait différent : le consommateur viendrait en premier dans l'ethos du marché et son éducation en second lieu.

Un exemple récent et brûlant de pression religieuse est la controverse à propos de l'évolution en Californie (Wenner, 1973). Un des objectifs de l'enseignement de la biologie devrait-il être que l'élève apprenne toutes les hypothèses concernant l'origine de l'espèce, même si certaines sont considérées comme fausses par l'ensemble des biologistes ?

On entend souvent le mot " anti-intellectualisme " au cours des discussions sur les pressions culturelles. Il traduit généralement une suspicion et une méfiance à l'égard de l'intelligence comme unique (ou même majeur) critère d'appréciation dans l'éducation et dans la vie. Il traduit un désir de faire une ouverture vers d'autres dimensions de l'expérience, comme l'expression des sentiments et le reflux de la grâce. Il rejette la " sévérité académique " en tant que critère le plus élevé de respectabilité dans l'éducation. Son influence sur les objectifs de l'enseignement de la biologie peut sembler en rapport avec certains mouvements comme l'enseignement en plein air, l'éducation en environnement et l'enseignement démographique. Ces mouvements ne rejettent pas l'intelligence, ils y attachent de la valeur et l'utilisent, mais ils vont au-delà d'une simple rigueur académique vers le respect, l'estime et l'amour des objets de leur étude.

Les années 60 et 70

Les tendances qui ont été l'objet d'attention pour l'enseignement en biologie dans les années soixante et qui continuent de l'être dans les années soixante-dix sont les suivantes :

Pensée, recherche, découverte dans le processus d'apprentissage ;
Méthodes scientifiques ;
Pertinence : flores et faunes locales, données locales ;
Thèmes qui ont un sens ;
Discipline : représentativité et mise à jour ;
Technologie : équipement simple et bon marché.

Les tendances qui furent plus marquées dans les années soixante-dix que dans les années soixante sont :

Domaine cognitif

Accent sur l'écologie, les problèmes de population, la biologie sociale, et les besoins nationaux ;
Plus grande souplesse dans le choix des sujets par les élèves et les maîtres ;
Encouragement de la recherche par les élèves ;
Intégration des disciplines ;
Auto-enseignement des adultes ;
Objectifs de comportement ;
Education sexuelle.

Domaine affectif

Plus grande attention des spécialistes de l'éducation aux domaines affectifs ;
Plus grande liberté et responsabilité données à l'étudiant pour choisir le contenu et le moment de son étude ;
Plus grande importance donnée à l'individualité de l'élève ;
Plus grande attention au fait que le sujet est ou non adapté aux intérêts individuels et sociaux.

Les tendances qui ont attiré l'attention dans les années soixante mais beaucoup moins dans les années soixante-dix sont :

La formation des étudiants pour devenir des biologistes de métier ;
L'appel à des groupes connus de la profession ;

Les tendances nouvelles pour les années soixante-dix sont :

Les nouvelles techniques introduisant de nouveaux objectifs ;
Les conflits religieux.

Buts et objectifs non considérés

Ceux qui étaient à la tête des grands mouvements de réforme des programmes en biologie dans les années soixante étaient fermement convaincus que certains buts importants de l'enseignement avaient été négligés par le manuel et par le marché d'équipement scientifique. Ces buts étaient de transmettre des connaissances significatives, de les moderniser, de rendre leur approche expérimentale et de faire acquérir un savoir-faire en ce qui concerne la méthode scientifique. Pour satisfaire ces objectifs et pour trouver le temps nécessaire dans l'emploi du temps de la classe, on a écarté une bonne partie du contenu traditionnel des cours de biologie et l'on a sacrifié, si cela était nécessaire, le principe d'avoir un enseignement d'ensemble.

De nobles desseins tels que ceux d'entraîner l'étudiant en biologie à rédiger des rapports dans le style du biologiste professionnel, de l'entraîner à discerner les lacunes et les limites de la science, à devenir un étudiant pour la vie, étaient reconnus et mis à exécution, mais avec un succès discutable. L'importance du domaine affectif était acceptée, mais quand Hulda Grobman (1970) fit le compte rendu du travail des années soixante-dix, elle écrivit : " Il n'est pas pleinement reconnu dans les nouveaux cours que la réalisation de tous les objectifs de la connaissance exige une réalisation parallèle et concomitante des objectifs affectifs. Sans se préoccuper des buts à long terme et fondamentaux du nouveau curriculum, on peut se demander si de tels résultats affectifs ne mériteraient pas la plus grande attention. On a beaucoup pensé et beaucoup écrit à propos du domaine affectif dans l'enseignement de la biologie, mais une grande partie de l'effort semble être passée à éveiller des sentiments pour la nature, et beaucoup moins pour la connaissance elle-même " (voir plus haut). On s'est même parfois demandé si parmi ces nouveaux buts proclamés des programmes en biologie, il y en a qui ont été réellement atteints (Strauss, 1970).

Il peut sembler futile dans ce contexte de se demander s'il y a encore des buts négligés que même les grands réformateurs ont laissés de côté. La question doit néanmoins être posée en vue d'une amélioration de l'enseignement. Que deviennent des objectifs tels que former l'élève à développer ses propres dons ? A développer ses savoir-faire lui permettant de parcourir rapidement des livres et en

extraire l'essentiel [1] ? A développer l'habitude d'aller directement aux tableaux et aux graphiques d'un texte avant de le lire ? A apprendre à remarquer si l'auteur cite des arguments non seulement en faveur de sa thèse mais aussi contre elle et à discuter l'hypothèse faite par l'auteur. Ces objectifs ne sont pas spécifiques de l'enseignement de la biologie. La question est de savoir s'ils sont suffisamment importants et réalisables pour trouver une place dans cet enseignement. Si la réponse est oui, alors se pose la question capitale de savoir comment le faire.

Parmi les autres objectifs, l'enseignement de la biologie ne devrait pas négliger le domaine des relations humaines et de l'éducation au sein de la famille.

Hypothèses et problèmes sous-jacents à l'énoncé des buts et objectifs

Hypothèses de départ

Un diagramme clair et simple pourrait décrire la séquence bien ordonnée qui part des buts à satisfaire pour arriver aux contenus, puis aux méthodes et à l'apprentissage. Cela suppose de nombreuses hypothèses. D'abord, cela peut suggérer de formuler les buts et les objectifs de façon plus précise avec des mots et non seulement de façon vague. S'il en est ainsi, cela suppose de plus que ces buts puissent être traduits par des mots et les mots sont différents des choses. Est-il tout à fait vrai que l'un des buts essentiels de l'" éducation " soit d'empêcher les enfants de faire des bêtises [2] et de leur attacher une espèce d'étiquette comme référence pour le futur ? Si cela est vrai, l'a-t-on jamais formulé dans l'exposé des objectifs ? Sinon, pourquoi ? Peut-être parce qu'on a une certaine répugnance à exprimer certaines de nos convictions les plus profondes.

Si l'exposé des objectifs est destiné non seulement à notre propre usage, mais aussi à celui des autres, il faut supposer que les mots ont le même sens pour tout le monde. Il est généralement reconnu que la personne la plus qualifiée pour exposer les buts d'un programme est l'auteur de ce curriculum (et non ceux qui le financent, ni les élèves, ni l'agent commercial). Ensuite il est admis que l'exposé des objectifs détermine effectivement ou tout au moins affecte sérieusement la préparation et l'utilisation [3] des matériels du programme ainsi que l'évaluation de ce programme et celle de l'apprentissage de l'élève.

Un bon exemple de l'évaluation d'un curriculum, et bien entendu l'évaluation des objectifs eux-mêmes, se trouve dans le Nuffield Advanced-Level Project (Kelly, 1971) [4].

De plus, les buts à court terme (s'ils sont définis), comme ceux qu'on peut tester dans un devoir d'examen, soutiennent en fait les buts à long terme (comme ceux qui concernent la vie adulte). Il est naturellement difficile de vérifier de telles hypothèses ; mais on en a donné un exemple : un groupe qui avait reçu à l'école des cours à propos de la protection de la nature manifestait une meilleure connaissance et des attitudes plus satisfaisantes concernant l'environnement qu'un groupe qui n'en avait pas eu (Solid, 1971).

Objectifs issus du programme

Il est possible, au lieu de rédiger des objectifs avant de travailler sur le contenu et la méthode du curriculum, de le faire pendant la préparation des matériels. Dans le premier cas, les objectifs sont établis d'avance ; dans le second, ils se dégagent du curriculum. Ces objectifs " émergents " ont l'inconvénient de ne pas guider la préparation du cours, mais ils ont l'avantage de pouvoir être l'image fidèle de ses finalités.

Le chapitre "Evaluation et diffusion d'un curriculum " décrit un type d'évaluation qu'on peut relier à la philosophie des objectifs émergents : c'est l'évaluation dite sensible, dont les partisans "proposent de considérer les objectifs, les hypothèses, les batteries de tests, les libellés de programmes, etc., non comme un point de référence pour l'évaluation mais comme des composants qu'il convient aussi d'évaluer ". L'évaluation sensible est intrinsèquement sujette à un excès de subjectivité et contribue à un type d'analyse plus circonstanciel et moins scientifique.

Quand on a évalué le *Nuffield A-Level biology curriculum* après les essais dans les écoles, de nouveaux objectifs sont apparus : " Certains des succès du curriculum n'avaient pas été prévus à l'avance, par exemple les études utilisant des habitats simulés, celles faisant intervenir les liaisons de la biologie avec les mathématiques et les travaux de recherche personnels. Ces nouveaux résultats imprévus et positifs doivent-ils devenir les objectifs d'une évaluation future ? (Kelly, 1972).

1. Shepherd (1960) a écrit un livre sur la lecture efficace en science. On y trouve des chapitres sur la lecture des écrits scientifiques (intérêt, capacités nécessaires, étapes fondamentales pour enseigner les savoir-faire en lecture), sur le diagnostic de cette capacité de lecture, sur la capacité de changer la vitesse de lecture en fonction du but du lecteur et de la nature des documents, la capacité de savoir utiliser certaines parties d'un livre, de savoir trouver et utiliser des sources d'information, ainsi que de pouvoir manier correctement le vocabulaire scientifique.
2. " Soyons honnêtes : si vous voulez envoyer les élèves dehors pour faire de la garde d'enfants, faites-le. Envoyez-les faire leur expérience sociale, pour apprendre à conduire des défilés ou autre chose, mais ne jetons pas la confusion dans nos objectifs " (Fuller, 1969).
3. Les responsables des curriculums ont souvent des surprises lorsqu'ils essaient de savoir si les professeurs qui enseignent un curriculum ont des idées très nettes sur ses objectifs (voir, par exemple, Kelly 1972 *a*).
4. Les objectifs du curriculum en cours d'expérimentation sont plus conçus comme des hypothèses de départ que comme des affirmations absolues : ils peuvent être vérifiés, contredits ou modifiés. En vérité, des objectifs ont été abandonnés après des essais et d'autres conséquences imprévues ont conduit à introduire des objectifs nouveaux ou modifiés dans la version révisée.

Révision des objectifs

On a porté bien peu d'attention au problème de la révision de la liste des objectifs au cours de la mise en pratique du programme. Des indications pour la révision peuvent venir d'une meilleure prise de conscience de la part des rédacteurs du cours et des professeurs, ainsi que de l'information provenant de la classe. Il faut un réajustement permanent des objectifs de l'enseignement de la biologie.

Compatibilité entre les objectifs

Il peut y avoir des conflits ouverts ou cachés entre les objectifs. Ainsi, l'objectif de faire apprendre une somme de connaissances bien établies (en un temps limité) peut s'opposer à l'objectif de rechercher constamment des preuves. On peut remédier à cette situation en modifiant le dernier objectif en celui d'" apprendre à interpréter les preuves " ou (moins facilement) en limitant le premier objectif de façon à réduire suffisamment la somme des connaissances à apprendre.

Desiderata

Des études complètes des problèmes relatifs aux buts et objectifs seraient utiles non seulement aux personnes qui se proposent de préparer une liste d'objectifs, mais aussi pour donner une orientation aux buts de l'éducation dans l'avenir. Les problèmes majeurs qui attendent une solution dans le domaine de l'enseignement de la biologie sont les suivants :

1. Jusqu'à quel point les listes d'objectifs établis à l'avance influencent-elles la préparation des matériels liés aux programmes et leur évaluation ?
2. Les objectifs " émergents " sont-ils plus réalistes que les objectifs posés à priori ?
3. Combien d'objectifs primordiaux un enseignant peut-il effectivement garder présents à l'esprit pendant la classe ?
4. Comment les conflits cachés entre les objectifs sont-ils résolus dans la pratique ?
5. Quels sont les mécanismes à utiliser pour réviser les listes d'objectifs ?

Bibliographie

Advanced general education program. A high school self-study program. Washington, D.C., Manpower Administration, 1969.

ALECSO (Arab League Educational, Cultural and Scientific Organization). Pilot project for biology teaching in the secondary schools in Arab States. *Outline plan for a syllabus in biology for Arab secondary schools (10th, 11th and 12th grades),* 1973. Third Workshop for Curriculum Development (Amman, Jordan, September 15-27, 1973).

Apostel L. ; *et al. Interdisciplinarité. Problèmes d'enseignement et de recherche dans les universités.* Paris, OCDE, 1972.

Ausubel, D.P. *The use of ideational organizers in science teaching.* Occasional paper 3. ERIC Information Analysis Center for Science Education (Columbus, Ohio), 1970.

Basnayake, V. *Biological discussions for classrooms in Sri Lanka.* Colombo, Ministry of Education, 1974.

——. *Biology notes for Sri Lanka.* Colombo, Ministry of Education, 1975.

Beard, R. Dans : Beard, R. ; Healey, F. G. ; Holloway, P. J.*Objectives in higher education.* London, Society for Research into Higher Education Ltd, 1968.

Bingman, R. M. (ed.) *Inquiry objectives in the teaching of biology.* Boulder, Colo., BSCS. Kansas City, Mo., Mid-Continent Regional Education Laboratory, Inc. 1969.

Boles, R. J. *The feasibility of teaching biology via the socio-historical approach.* Madison, Wisconsin University. Research and Development Center for Cognitive Learning, 1968.

Brady, E. R. *The effectiveness of field trips compared to media in teaching selected environmental concepts.* Iowa State University, 1972. Thèse de doctorat.

Brandwein, P. ; *et al. Ekistics : a handbook for curriculum development in conservation and environmental education.* Sacramento, Bureau of Elementary and Secondary Education, California State Department of Education, 1971.

Castelli, F. A. *The effects upon critical thinking ability and processes skills of single topic inquiry films in BSCS biology.* University of Delaware, 1970. Thèse de doctorat.

Connelly, F. M. Liberal education in biology : an inquiry perspective. *American biology teacher,* vol. 34, 1972, p. 385-388.

Creager, J. G. (ed.) *AIBS education review* (Washington, D.C.), vol. 2, n° 4, 1973.

CUEBS newsletter (Washington, D.C.), vol. 7, n°s 4 et 5, 1971 Commission on Undergraduate Education in the Biological Sciences.

Driscoll, A. L. ; *et al. A model marine science laboratory, North Kitsap Marine Environmental Center.* North Kitsap School District, 400, Poulsbo, Washington, 1972.

Driver, P. J. *A study of public school biology teachers' theory of science as related to study achievement.* Gainsville, Florida University, 1969. Thèse de doctorat.

Egelston, J. Inductive vs traditional methods of teaching high school biology laboratory experiments. *Science education,* vol. 57, 1973, p. 467-477.

Foth, H. D. *Structured learning and training environments in soil science. Project report.* Michigan State University, East Lansing, Educational Development Program, 1967.

Frazer, M. J. Objectifs précis et actuels de l'enseignement de la chimie. Dans : *Tendances nouvelles de l'enseignement de la chimie,* p. 46-56. Paris, Unesco, 1975.

Fuller, R. Buckminster. *Utopia or oblivion : the prospect for humanity.* Bantam Books, 1969.

Fulton, H. F. *An analysis of student outcomes utilizing two approaches to teaching BSCS biology.* University of Iowa, 1970. Thèse de doctorat.

Glass, L. W. *Assessment of affective outcomes of instruction with high school sophomore biology students and teachers.* Document présenté à la réunion annuelle de la National Association for Research in Science Teaching, 1970. 1970.

Goodman, D. The first "Ecology College". *Change,* vol. 5, 1973, p. 21-23.

Grobman, A. *The changing classroom : the role of the Biological Sciences Curriculum Study.* New York, Doubleday, 1969.

Grobman, A. (ed.) *Social implications of biological education.* Washington, D.C., The National Association of Biology Teachers, 1970.

Grobman, H. *Developmental curriculum projects : decision points and processes.* F. E. Peacock, 1970.

Hawkins, D. E. ; Vinton, D. A. *The environmental classroom.* Englewood Cliffs, N. J., Prentice-Hall, 1973.

Hoban, G. J. The Nature Study Center. *Theory into practice,* vol. 12, 1973, p. 246-250.

Huxley, Aldous. *Island.* London, Chatto and Windus, 1962.

Huxley, T. H. *Science education.* London, Macmillan, 1893.

Interaction of living things and their environment. 1975 experimental edition. Science Education Center, University of the Philippines.

Jones, P. L. ; Blankenship, J. W. The relationship of pupil control ideology and innovative classroom practices. *Journal of research in science teaching,* vol. 9, 1972, p. 281-285.

Kelly, P. J. Evaluation studies of the Nuffield A-level biology trials. 1. Overall achievements of students. *Journal of biological education,* vol. 5, 1971, p. 315-327.

—. *Ib.* 2. Evaluation of specific objectives. *Journal of biological education,* vol. 6, 1972, p. 29-40.

—. *Ib.* 5. Students after the trials. *Journal of biological education,* vol. 6, 1972, p. 259-266.

Klopfer, L. E. *Science education in 1991.* Pittsburgh University, Pa. Learning Research and Development Center, 1969.

Korgan, J. J. ; Wilson, J. T. Research on objectives for high-school biology. *American biology teacher,* vol. 35, 1973, p. 151-154.

Kormondy, E. J. *Commission on Undergraduate Education in the Biological Sciences (CUEBS), 1963-1972 : its history and final report.* Washington, D. C., CUEBS, 1972.

Krathwohl, D. R. ; Bloom, B. S. ; Masia, B. B. *Taxonomy of educational objectives, the classification of educational goals. Handbook II : the affective domain.* New York, McKay, 1964.

Kuhn, D. J. Value systems in life science instruction. *Science education,* vol. 57, p. 343-351.

Lawton, J. R. The use of common seeds and garden plants for teaching internal plant structure in Nigeria. *Journal of biological education,* vol. 6, 1972, p. 377-384.

Lee, T. E. ; *et al. Space resources for teachers : including suggestions for classroom activities and laboratory experiments.* Berkeley, California University, 1969.

Lewis, R. W. General biology needs well-defined principles. *BioScience,* vol. 23, 1973, p. 230-233.

Lockard, J. D. *Guidebook to constructing inexpensive science teaching equipment.* Vol. 1 : *Biology.* Maryland University, College Park, Science Teaching Center, 1972.

Mangelsdorf, F. E. ; *et al.* (ed.). *Proceedings of the New England Conference on Ocean Science Education* (Woods Hole, Massachusetts, May 1966). Woods Hole Oceanographic Institute, 1966.

Manpower for the medical laboratory. The national conference on education and career development of the National Committee for Careers in Medical Technology, October 1967. Summary report. Washington, D.C., Government Printing Office, 1968.

Mee, A. J. ; *et al. Science for the 70's.* London, Heinemann Educational Books, 1971.

National Assessment of Educational Progress science objectives for 1972-73 assessment. Mastic, M. M. ; Johnson, G. H. (ed.). Denver, Colo., National Assessment Office.

Pavlov, I. P. *Selected works* (ed. K. S. Koshtoyants). Moscou, Foreign Languages Publishing House, 1955.

Penick, J. E. ; *et al. Student structured learning on biology.* Rapport présenté à la réunion annuelle de la National Association for Research in Science Teaching, 1974.

Perkins, J. F. A summer course in field ecology. *American biology teacher,* vol. 35, 1973, p. 458-462.

Ramsey, G. A. ; Howe, R. W. *An analysis on instructional procedures in secondary school science, part I — outcomes of instruction.* Columbus, Ohio, ERIC Information Analysis Center for Science Education, 1969.

Ronfeldt, L. L. *A determination of basic urban environmental understandings important for inclusion in the elementary school curriculum.* Vermillion, South Dakota University, 1969.

Roth, R. E. ; *et al. Environmental management concepts — a list.* Madison Wisconsin University, Research and Development Center for Cognitive Learning, 1970.

Saunders, A. *Etude des programmes européens, n° 3 : Biologie.* Strasbourg, Conseil de la coopération culturelle, Conseil de l'Europe, 1972 (épuisé).

Schock, N. H. An analysis of the relationship which exists between cognitive and affective educational objectives. *Journal of research in science teaching,* vol. 10, 1973, p. 299-315.

Selmes, C. Nuffield A-level biology : attitudes to science. *Journal of biological education,* vol. 7, 1973, p. 43-47.

Shepherd, D. L. *Effective reading in science : a handbook for secondary teachers.* New York, Row Peterson, 1960.

Showalter, V. *New directions for science curriculum development.* Cleveland, Ohio, Educational and Research Council of America, 1968.

Simpson, E. *Taxonomy of the psychomotor domain.* Urbana, Ill., Bureau of Educational Research, 1969. (Multigraphié.)

Simpson, R. D. Evaluating noncognitive achievement of high school biology students. *American biology teacher,* vol. 35, 1973, p. 441-443.

Skinner, R. ; Barcikowski, R. S. Measuring specific interests in biological, physical and earth sciences in intermediate grade levels. *Journal of research in science teaching,* vol. 10, 1973, p. 153-158.

Solid, M. L. *The use of a comparative analysis as an evaluation of a junior high school conservation education program.* University of Colorado, 1971. Thèse de doctorat.

Starr, R. J. *A study of the behavioural outcomes related to science processes of ninth grade BSCS students.* University of Missouri, Columbia, 1970. Thèse de doctorat.

Stevens, R. A. *Out-of-school science activities for young people.* Paris, Unesco, 1969.

Strauss, S. *An analysis of published evaluations of BSCS.* Document présenté à la réunion annuelle de la National Association for Research in Science Teaching, 1970.

Sutcliffe, R. R. Hard science in a soft school. *Science teacher,* vol. 40, 1973, p. 30-32.

Teaching by inquiry. Bangkok, The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 1975. (Multigraphié.)

Thompson, B. E. *A list of currently credible biology concepts judged by a national panel to be important for inclusion in K — 12 curricula.* Madison, Wisconsin University, Research and Development Center for Cognitive Learning, 1970.

Thornton, J. W. (ed.) *The laboratory : a place to investigate.* Washington, D.C., Commission on Undergraduate Education in the Biological Sciences, 1972.

Turkowski, F. J. Education at zoos and aquariums in the United States. *Bio Science,* 1972, vol. 22, p. 468-475.

Tyron, R. ; *et al.* Fern biology in Mexico — a class field program. *Bio Science,* 1973, vol. 23, p. 28-33.

Viederman, S. *Developing population awareness education in the developing world.* New York, Population Council, 1970.

Wenner, A. M. Adam and Eve in Science. *American biology teacher,* 1973, vol. 35, p. 278 et 279.

Wise, D. I., *A program to strengthen undergraduate biological education.* Washington, D.C., Commission on Undergraduate Education in Biological Sciences, 1968.

Évolution du contenu biologique de l'enseignement primaire et du premier cycle secondaire

Introduction

Il est difficile de parler de l'enseignement de la biologie en dehors du contexte éducatif global et des facteurs sociaux et économiques qui le déterminent. Or ces éléments sont très différents d'un pays à l'autre et par suite il n'est pas possible de proposer un modèle didactique unique. Mais l'étude comparée des différents curriculums permet de dégager des tendances, facilite l'analyse des données et la prise de décision au niveau de chaque pays.

Ce chapitre concerne l'enseignement de la biologie pendant les neuf premières années de la scolarité. Il est centré sur les problèmes propres à cette tranche d'âge. Au cours de cette période, l'enseignement d'une discipline comme la biologie ne vise pas à former des spécialistes mais à favoriser le développement général de l'enfant et à faciliter son intégration sociale. Il s'agit d'un enseignement de masse même lorsque la scolarité n'est pas obligatoire ; au moins pendant les premières années de cette période, les curriculums sont les mêmes quelles que soient les capacités des enfants.

Facteurs expliquant l'évolution de la didactique de la biologie au niveau étudié

Des facteurs d'origine très différente ont exercé une action convergente sur l'évolution de la discipline et ont provoqué une transformation profonde de la didactique depuis la seconde guerre mondiale. Certains de ces facteurs s'appliquent de façon plus particulière à l'enseignement de la biologie au niveau élémentaire.

Evolution des idées relatives à la nature de la science en général et à celle de la biologie en particulier

Le développement rapide des sciences a attiré l'attention sur le rôle de l'esprit humain dans la construction de la science et a contribué à diffuser parmi les pédagogues une image des sciences plus conforme à la façon dont elle est perçue par les savants et les historiens des sciences. La participation systématique de scientifiques connus pour leurs recherches a contribué à diffuser plus rapidement ces idées. Leur analyse insiste sur les points suivants.

La science ne se réduit pas à une collection de faits regroupés après coup grâce à des théories ; elle ne se réduit pas non plus à un corps de données qui augmentent quantitativement : la connaissance scientifique se construit grâce à un effort actif de l'esprit humain qui doit mettre en question les représentations anthropomorphiques et naïves ; une définition scientifique comme celle de l'espèce, l'énoncé d'une loi comme celle de l'action de la lumière sur le comportement du lombric supposent une certaine élaboration des données dès le stade de l'observation des faits grâce à la pensée logique et symbolique. Cette remarque conduit à récuser trois formes d'initiation scientifique souvent pratiquées chez les jeunes enfants :

L'initiation scientifique ne peut pas se réduire à un exercice sensoriel qualifié abusivement de leçon d'observation : cette dernière n'est un exercice scientifique que si les questions qui orientent l'effort de perception permettent d'établir des relations, conduisent à séparer les variables ou à établir des plans d'organisation ;

L'initiation scientifique ne se réduit pas à un simple apprentissage de recettes (comment élever un hamster ?) ; elle commence seulement par l'effort d'analyse et de réflexion sur les pratiques pour dégager des principes transférables à des situations très différentes ;

La science ne peut être transmise par un simple discours mémorisé ensuite par les enfants. Seules les connaissances construites à la suite d'une démarche active sont susceptibles d'être réinvesties dans la vie quotidienne.

L'éducation scientifique ne doit pas étouffer la créativité, la curiosité, l'attitude critique à l'égard de ses propres opinions et de celles d'autrui : par définition, la pensée scientifique est appelée à se réorganiser au contact de l'expérience ;

elle n'est opératoire que chez ceux qui savent identifier un problème précis dans des situations complexes où tous les facteurs sont mêlés. D'autre part, l'activité scientifique est une activité sociale qui s'appuie sur la communication orale ou écrite ; on donne une fausse image de la science en la réduisant à des énoncés présentés dans les livres.

A tous les niveaux l'acquisition des méthodes est inséparable de celle des concepts même si les plans d'étude *ne mentionnent* que l'une ou l'autre famille d'objectifs. La méthode scientifique ne doit pas être présentée comme une recette unique et infaillible mais comme l'ensemble des procédures qui permettent de trouver la réponse à un problème. L'application correcte de la méthode débouche sur des connaissances valables même chez le jeune enfant. On cherche trop souvent à imposer des niveaux de formulation prétendus rigoureux, c'est-à-dire aussi proches que possible du savoir universitaire ; or il est beaucoup plus important de proposer des énoncés qui permettent d'expliquer les faits constatés au niveau de la logique enfantine et de rechercher une nouvelle formulation chaque fois qu'un fait nouveau contredit les énoncés antérieurs.

Parallèlement, les idées sur le contenu et les méthodes de la biologie ont beaucoup évolué dans les milieux pédagogiques.

Dans la plupart des plans d'étude datant de 1950 la biologie était encore considérée comme une science d'observation concrète par opposition à la physique qui était présentée d'emblée comme une discipline expérimentale et fortement mathématisée. Comme l'observation était habituellement considérée comme la seule opération scientifique accessible au jeune enfant, la biologie était souvent la première discipline scientifique enseignée. Les maîtres formés à cette époque étaient des amoureux de la nature mais leur analyse pointilliste manquait souvent d'idées directrices. Et surtout le travail en salle était prédominant; les salles de sciences étaient souvent de véritables musées encombrés de collections et de pièces ostéologiques; de ce fait, les études morphologiques, anatomiques et systématiques étaient privilégiées et débouchaient sur la mémorisation d'un vocabulaire important. Les travaux pratiques furent introduits de façon assez générale mais sous une forme très directive et comme application du cours; ils donnaient une place importante au dessin d'observation.

Depuis 1950, la pédagogie a pris en compte assez brusquement la lente évolution de la biologie sur le plan de la recherche. Du fait du développement de la physiologie, de la biologie générale et de la biochimie, l'attention s'est portée sur l'étude des manifestations de la vie et des fonctions, sur l'action des facteurs du milieu. Cette évolution a conduit à un rapprochement avec les sciences physiques pour deux raisons : il a été nécessaire de s'appuyer sur les concepts des sciences physiques pour donner une définition suffisamment précise ou générale des fonctions comme la respiration ou la nutrition des végétaux ; d'autre part, la biologie ainsi conçue s'appuie nécessairement sur l'expérimentation et la mesure ; elle apparaît comme une science expérimentale au même titre que la physique. Ce changement marque un acquis positif et probablement irréversible malgré quelques distorsions au niveau de la classe d'âge considéré :

D'une part l'étude des fonctions était faite de façon purement analytique voire pontilliste ; les élèves n'étaient pas habitués à saisir les relations entre fonctions, l'unité de l'organisme, les mécanismes régulateurs, en voulant évacuer trop vite le finalisme naïf on a parfois négligé l'étude précise de l'adaptation d'une espèce à son milieu ;

Ces deux difficultés peuvent être résolues à condition de ne pas considérer les notions enseignées à cet âge comme un simple résumé de ce que les maîtres ont appris à un niveau plus élevé ;

D'autre part à cause de la prédominance de la biochimie et de la biologie moléculaire dans la formation universitaire, les maîtres n'étaient pas toujours préparés à définir les fonctions physiologiques (respiration, reproduction, etc.) sous une forme concrète accessible à de jeunes enfants ; ils imposaient d'emblée une interprétation physico-chimique mal comprise et sans surmonter les obstacles que les situations étudiées présentent aux interprétations de la biologie générale ; par exemple, la respiration était présentée d'emblée par le bilan des échanges gazeux à des enfants qui ignoraient ce qu'étaient l'oxygène et le gaz carbonique.

Plus récemment, le développement de l'écologie et de l'éthologie ont revalorisé les disciplines de terrain sans supprimer pour autant la nécessité de l'expérimentation au laboratoire. Plusieurs raisons expliquent le raccourcissement de l'intervalle de temps habituellement considérable qui sépare le renouvellement des études universitaires de l'application dans les petites classes : le cinéma et la télévision ont stimulé l'intérêt pour l'étude des animaux dans leur milieu naturel ; la crise de l'environnement a attiré l'attention sur les équilibres naturels : les jeunes enfants posent souvent des questions relatives à ces problèmes.

Parallèlement on note un renouveau d'intérêt pour l'étude de l'homme souvent négligée dans les projets de 1960. Il ne s'agit plus seulement d'une étude pratique permettant de comprendre les règles d'hygiène mais d'une approche globale recherchant l'interférence des facteurs biologiques et sociaux dans les problèmes humains.

Cependant la vogue écologique a aussi véhiculé quelques illusions pédagogiques : les écoles ont parfois été submergées par des documents de qualité médiocre qui ont masqué le fait que l'écologie, discipline de synthèse, ne pouvait se passer d'études analytiques précises portant sur les fonctions et les comportements.

Evolution de la conception des rapports entre science et société

Dans les années qui suivirent la seconde guerre mondiale, on observe un décalage considérable entre l'évolution de la société industrielle et le contenu des programmes scientifiques. La recherche scientifique était devenue le moteur essentiel du développement et un instrument de puissance au service des Etats alors que l'enseignement scientifique secondaire présentait un caractère académique et désinté-

ressé ; l'étude des applications tenait peu de place dans l'enseignement et la préparation au "pouvoir de décision" était assurée par une formation littéraire, juridique et éventuellement mathématique.

Par contre, l'enseignement des sciences tenait en apparence une part plus grande dans l'enseignement primaire ; mais il s'agissait le plus souvent d'un enseignement pseudo-scientifique destiné à véhiculer des règles pratiques d'hygiène, d'agriculture et d'économie domestique. La stérilité d'un enseignement fondé sur des recettes rapidement périmées et le développement du second degré ont provoqué un recul de cet enseignement des sciences appliquées, dans tous les pays où la durée de la scolarité obligatoire a été allongée.

Enfin un programme scientifique servait parfois de support idéologique à une formation politique ; mais la consolidation du pouvoir a rendu cet enseignement inutile.

Vers les années 1950-1960, la plupart des jeunes sortant de la scolarité obligatoire étaient incapables de comprendre la société technique où ils vivaient, de s'adapter à des changements importants du cadre de vie et de participer de façon efficace aux décisions de la vie publique.

Vers 1960 un ensemble d'événements a brusquement sensibilisé l'opinion publique à la fonction de la science dans le développement ; l'émotion provoquée par le lancement du Spoutnik (1957) a permis de réunir des fonds considérables pour l'amélioration de l'enseignement scientifique aux Etats-Unis ; dans plusieurs pays industriels, la recherche en didactique des sciences a reçu des subventions importantes de l'industrie spatiale, automobile ou chimique ; de ce fait la biologie a parfois été négligée au profit de la physique. A la même époque, les pays en développement, à la recherche d'une pédagogie adaptée à leurs besoins, ont cherché à renouveler leur enseignement scientifique.

Les nouveaux besoins ont fait apparaître l'inefficacité de l'enseignement prématuré de connaissances factuelles et de recettes techniques qui provoquent la rigidité mentale alors qu'il fallait des esprits adaptables, capables d'analyser une situation pour résoudre un problème ou participer à la prise de décision. En une décennie, une nouvelle image de la science — la science telle qu'elle apparaît aux chercheurs — a été vulgarisée : elle met l'accent sur l'attitude scientifique, l'importance de la création et de la communication dans la démarche scientifique ; elle valorise la méthode expérimentale qui permet de raisonner sur le possible et de résoudre un problème sans appliquer des recettes non transférables ; elle fait apparaître l'acquisition de connaissances comme une retombée de la démarche bien conduite ou bien elle met l'accent sur l'apprentissage des concepts de base.

Les nouveaux curriculums et les projets de recherches très nombreux de cette période présentent plusieurs caractères communs.

L'adoption presque générale (sauf peut-être les pays de l'Europe de l'Est) de la méthode de découverte où l'activité est centrée sur la résolution d'un problème posé si possible par les enfants eux-mêmes. Après plus d'un siècle de pratique discrète, cette méthode a connu une consécration officielle peut-être trop rapide.

Le développement de l'enseignement scientifique intégré regroupant habituellement biologie et sciences physiques au niveau étudié. L'intégration facilite la formulation du problème à partir du milieu dans lequel les facteurs physiques et biologiques sont étroitement imbriqués ; elle fait aussi apparaître l'unité de la démarche scientifique.

La mise en place d'un enseignement scientifique précoce, si possible dès le début de l'école élémentaire, lorsque la maîtrise de la langue le permet. D'après de nombreux auteurs de projets, c'est à cette condition seulement que l'attitude scientifique se développe pleinement et conduit à l'organisation systématique des données de l'expérience et des informations incohérentes véhiculées par les media au lieu de se limiter à la formation de spécialistes. Certains pays (Europe de l'Est) insistent cependant sur la nécessité de donner d'abord la priorité à l'apprentissage de la langue écrite et des mathématiques pour éviter d'accumuler un savoir factuel non intégré.

La liaison entre le développement des sciences, le progrès économique et le bonheur humain était généralement admise vers 1960. Mais au cours de la dernière décennie cette liaison a été plus ou moins remise en question pour des raisons différentes suivant les pays : les rapports entre sciences et société sont plus complexes.

Dans les pays en développement, le conflit entre pensée scientifique et culture traditionnelle a été analysé de plus près. Il n'est pas question de nier la nécessité de la formation scientifique ; elle véhicule un système de représentations qui est fondamental pour le développement — l'idée d'un ordre dans la nature accessible à la connaissance et celle du pouvoir de l'homme de transformer la nature à son profit — elle apporte aussi la maîtrise de la méthode expérimentale qui seule permet de construire des instruments de prévision applicables à une situation nouvelle et en évolution permanente alors que l'expérience empirique, figée par la tradition, est fondée sur l'observation d'un milieu statique. Mais la culture traditionnelle, sous le couvert des pratiques rituelles, a réalisé la synthèse intuitive d'un très grand nombre de données qui ont permis au groupe de survivre ; non seulement le scientifique doit pouvoir reconnaître les aspects positifs de cette expérience pour être capable de dialoguer et d'assumer l'animation rurale, mais il doit aussi avoir l'humilité de reconnaître que son savoir, construit avec une expérience limitée et relative à d'autres milieux, présente des lacunes et qu'il a toujours quelque chose à apprendre dans son environnement. De façon plus générale, l'école n'est pas appelée à constituer un milieu clos, fermé à tous les apports de l'éducation traditionnelle, mais un lieu de rencontre entre générations et modes de pensée.

Cette préoccupation a conduit de nombreux pays (Afrique francophone de l'Ouest, Nouvelle-Guinée) à intégrer la formation biologique dans une approche globale

du milieu qui lie étroitement sciences de la nature, sciences humaines, éducation civique. Elle est réalisée habituellement sous forme de sorties et d'enquêtes mais dans un nombre croissant de pays se développe à nouveau la tendance de faire participer les enfants à un travail productif (Tunisie, Cuba), ce travail étant considéré comme une prise de responsabilité et une source d'expérience (ce point de vue est d'ailleurs partagé par des pays industrialisés comme la République démocratique allemande).

Dans les pays développés, la crise de la société industrielle a posé de façon différente les finalités de la formation scientifique ; parfois même l'objectivité des sciences a été contestée. Deux directions nouvelles apparaissent dans les projets récents dès l'école élémentaire :

Comment habituer l'enfant à saisir les répercussions immédiates et lointaines d'une activité individuelle ou collective afin de maintenir les équilibres biologiques, d'aménager l'environnement de façon harmonieuse et de gérer rationnellement les ressources naturelles à l'échelle du globe ?

Comment arriver à mieux connaître l'homme pour assurer sa survie et son mieux-être ? Actuellement il est menacé dans les pays développés davantage par le changement du mode de vie que par les microbes. La crise des valeurs a conduit à analyser l'interférence des facteurs biologiques et sociaux des comportements humains (sexualité, place de l'espèce humaine dans le monde vivant, origine de l'agressivité, unité de l'espèce humaine affrontée aux différences raciales et culturelles). Les sciences ne sont pas invoquées pour fonder une morale mais pour faciliter l'objectivation des valeurs personnelles et comprendre les comportements différents.

Comme au cours de la période précédente la formation biologique est centrée sur la capacité à analyser les problèmes posés par le milieu. Mais l'attention se porte davantage sur la responsabilité de l'homme, la nécessité mais aussi la difficulté de la prise de décision — il n'existe pas nécessairement une solution unique et simple à tous les problèmes (IPN de Kiel, BSCS).

D'autre part, le souci d'intégration des disciplines, s'il est toujours aussi marqué, tend à prendre une forme moins uniforme qu'au cours de la période précédente : la biologie n'apparaît plus comme une simple composante des sciences de la nature mais comme le pont permettant de lier sciences physiques et sciences humaines.

Evolution des idées relatives au rôle de l'école dans le développement de l'enfant

Au cours des dernières décennies l'idée que l'école doit être au service du développement de l'enfant a cessé d'être un vœu des promoteurs de l'éducation nouvelle pour apparaître comme une nécessité sociale, comme la condition même de l'efficacité des apprentissages scolaires. L'allongement de la scolarité obligatoire dans la majorité des pays a permis de dépasser l'obsession des apprentissages fondamentaux (lecture, écriture, calcul) pour rechercher les conditions d'une formation plus conforme aux données de la psychologie. Dans une société en évolution rapide, le développement de la créativité, de l'initiative, de la capacité à penser et à apprendre par soi-même est beaucoup plus important que les apprentissages rigides ; l'éducation ne peut plus se contenter de reproduire la société des adultes. La formule de Zamkov " Nous voulons former des créateurs et non des exécutants " se retrouve dans la plupart des curriculums.

Or la psychologie a bien montré que l'efficacité des apprentissages fondamentaux, la possibilité de les utiliser de façon fonctionnelle, la possibilité de limiter la déperdition scolaire étaient largement conditionnées par une pédagogie d'éveil : l'enfant construit son savoir par un effort personnel ; le rôle du maître est de le motiver, de lui fournir des points de départ favorables, de l'aider à surmonter les obstacles mais non de lui imposer un savoir tout fait.

La psychologie de l'enfant a permis de préciser les conditions et la fonction d'un enseignement précoce de la biologie. Son rôle n'est pas d'interdire certains contenus, d'imposer certaines méthodes, mais d'aider les pédagogues à adapter à un âge donné des contenus et des méthodes susceptibles d'être reconnus comme valables par un biologiste et qui assurent par ailleurs aussi une véritable fonction éducatrice aux yeux de la société.

Au cours de la tranche d'âge considérée l'enfant n'arrive que très progressivement à la pensée causale. En biologie plus encore que dans le domaine physique il tend à expliquer les phénomènes et les structures par la volonté propre de l'organisme ou par une intention relevant d'une pensée fabricatrice ; il se représente l'organisme comme une panoplie dotée de fonctions sans chercher à expliquer les fonctions par l'organisation du support ni lier objectivement les premières en une unité fonctionnelle. C'est seulement à l'occasion d'un problème concret — survie des animaux récoltés dans la mare par exemple — qu'il cherchera à découvrir une relation causale qui lui permettra de réaliser son intention ; il construira ainsi un nombre croissant d'îlots qui relèvent de la pensée scientifique et non de la pensée animiste et du finalisme anthropomorphique.

D'autre part, l'enfant comprend mal la démarche expérimentale : il a de la peine à séparer les variables de façon méthodique, à concevoir le rôle de l'hypothèse comme une possibilité qui sera vérifiée ou infirmée par le montage expérimental ; il ne conçoit pas les modèles comme des supports de la pensée déductive mais comme une photographie du réel. Tous ces aspects relèvent de la pensée formelle (Piaget) qui n'est atteinte que vers douze à quatorze ans par la plupart des enfants. Multiplier les démonstrations expérimentales n'est guère efficace : l'enfant les ressent comme des rites scolaires servant de prétexte à une affirmation dogmatique. Par contre, des enfants même très jeunes arrivent à trouver la solution d'un problème lorsqu'ils ont pu le poser eux-mêmes à partir d'une situation concrète, lorsqu'ils ont la possibilité de manipuler effectivement et lorsque la confrontation des points de vue différents à l'intérieur de la classe évite le blocage sur une idée fausse : lorsqu'on reconstitue la démarche empirique après coup on retrouve la logique de la démarche expérimentale.

Les difficultés évoquées ci-dessus ont conduit de façon presque générale à rejeter pour les jeunes enfants un enseigne-

ment biologique centré sur l'accumulation de connaissances et l'apprentissage de règles pratiques non comprises ; un tel enseignement n'est pas neutre mais il retarde la croissance intellectuelle. Des solutions différentes ont été recherchées.

Un certain nombre de pays (République démocratique allemande, URSS, etc.) ont préféré réduire l'importance de l'enseignement scientifique, biologie comprise, au cours des premières années de la scolarité ; au cours de cette période l'accent est mis sur la maîtrise de la langue et le développement de la pensée logique par les mathématiques. Une initiation biologique informelle peut cependant avoir lieu à partir des travaux de jardinage et la prise de responsabilité d'élevages.

Dans d'autres projets, au contraire, on a développé un enseignement de la biologie qui s'appuie sur les données de la psychologie de l'enfant pour accélérer la maturation affective et intellectuelle des élèves. Non seulement une première approche du vivant est nécessaire pour assurer l'équilibre psychologique des enfants du milieu urbain et pour rendre intelligibles les pratiques d'hygiène enseignées à l'école mais l'intégration effective des activités scientifiques dans la formation générale permet d'éviter les causes d'échec dues à l'enseignement trop verbal, trop éloigné des intérêts et de l'expérience des enfants. Ces projets présentent les caractères suivants :

L'accent est mis sur le développement de l'attitude scientifique (curiosité, créativité, confiance en soi, etc.) et c'est sur ce plan que la pensée scientifique de l'enfant se rapproche le plus de celle du chercheur ou du praticien ;

Pour permettre une construction active du savoir, on donne à l'enfant la possibilité d'exprimer ses représentations spontanées et de les mettre en défaut en lui donnant des possibilités d'investigation autonome et en favorisant la communication entre enfants.

Les remarques qui précèdent montrent que les finalités de l'enseignement de la biologie ont beaucoup changé depuis 1950. Elle a cessé d'être une discipline secondaire, un aimable passe-temps ou au contraire un fatras de connaissances laissant peu de place au raisonnement pour devenir une discipline de maturation portant sur l'acquis le plus récent de la pensée humaine, la maîtrise de la méthode expérimentale ; elle joue un rôle capital dans le développement de la compréhension de l'homme, de son environnement physique et biologique, de son système de relations interpersonnelles (Australian Science Education Project). Mais le changement de finalités implique un changement de méthodes : la science et la psychologie s'accordent pour récuser un enseignement dogmatique de connaissances, pour valoriser une démarche où les élèves ont une autonomie effective et participent de façon active à la construction de leur savoir.

La didactique actuelle de la biologie : problèmes communs à l'ensemble des niveaux étudiés

Problèmes relatifs à la formation et à l'évolution des objectifs

Les plans d'étude récents sont définis de plus en plus par des tableaux d'objectifs et non par des programmes linéaires et impératifs. Ce changement répond à des besoins multiples.

La pédagogie sur objectifs permet de donner de la flexibilité aux curriculums et de laisser aux maîtres le choix des sujets d'étude concrets, liés au milieu et à l'événement, adaptés aux intérêts des élèves, aux compétences des maîtres, aux moyens de l'école, tout en réalisant une grille d'objectifs (méthodes, techniques, concepts de base) commune aux écoles de la région. De plus, en faisant apparaître le réseau complexe de relations qui lie les objectifs entre eux, elle facilite leur construction et leur organisation progressive alors que les curriculums linéaires et fermés se présentent comme une addition de connaissances non structurées.

Les tableaux d'objectifs sont très utiles pour orienter les maîtres dans les classes où l'activité des enfants est centrée sur la résolution d'un problème. Si le maître veut éviter que les enfants qui pratiquent une investigation en situation *d'autonomie* ne perdent leur temps, il doit savoir quand et comment intervenir par ses questions, ses suggestions, ses apports de matériel, etc. Ses décisions sont commandées par des objectifs implicites ou explicites ; le choix des maîtres est beaucoup facilité si les objectifs réalisables à partir d'une situation donnée (un lot de graines en germination par exemple) sont présents à l'esprit du maître et connus avec précision. Certains projets donnent des listes très détaillées (Science 5/13, Activités d'éveil scientifiques), car il ne s'agit pas d'apprentissages imposés mais de suggestions, de possibilités permettant d'exploiter une situation de classe concrète.

Les tableaux d'objectifs ont permis de préciser certains objectifs importants chez le jeune enfant comme le développement d'une attitude scientifique et de permettre leur prise en compte au cours de l'évaluation. On a été amené à réduire la place des épreuves fermées papier-crayon qui favorisent une pédagogie verbale d'acquisition de connaissances factuelles et à développer les instruments d'observation objective des enfants : les deux projets mentionnés ci-dessus proposent aux maîtres les grilles d'indicateurs qui permettent de suivre les progrès des enfants dans l'acquisition de l'attitude et des méthodes scientifiques.

Il ne suffit pas d'établir un tableau d'objectifs prétendu rigoureux, c'est-à-dire conforme aux données de la science et de la psychologie. Il faut que ces tableaux soient maniables par les maîtres, qu'ils puissent être expliqués aux enfants pour qu'ils soient amenés progressivement à prendre en charge leur propre formation, qu'ils soient compris par les parents pour que l'école ne soit pas coupée du milieu culturel des adultes. Pour toutes ces raisons, les maîtres doivent être associés étroitement au choix, à la formation et à l'évaluation des objectifs.

Dans de nombreux projets récents, on a mis l'accent sur l'importance des objectifs non cognitifs : objectifs affectifs, objectifs d'attitude, objectifs d'éducation générale (APSP, différent projets Nuffield, projet science intégrée d'Ecosse, Activités d'éveil France, IPN Kiel). Il s'agit :

D'objectifs spécifiques de la biologie, par exemple le souci d'une rencontre affective ou esthétique avec le vivant

avant de passer au travail scientifique, le souci d'éviter les destructions inutiles et d'assurer le bien-être des animaux récoltés, le souci de ne pas perturber l'environnement ;

D'objectifs relatifs à l'attitude scientifique en général : curiosité, créativité, pensée critique, volonté de trouver la réponse à une question par une recherche personnelle ;

Des objectifs d'éducation générale réalisés à travers une démarche scientifique active : coopération, respect de l'opinion d'autrui et des règles de la communication.

Ces objectifs sont parfois exprimés de façon implicite (Nuffield Junior Science et Combined Sciences, ESS) par la démarche proposée aux maîtres, tantôt ils sont traduits en indicateurs de comportement donnant lieu à évaluation.

En ce qui concerne les objectifs cognitifs, les projets mettent tantôt l'accent sur les méthodes (ASS, ESS, Nuffield Junior Science, Science 5/13), tantôt sur les concepts (SCIS, COPES, Kiel), tantôt sur les deux domaines. En principe ce choix est sans importance pour la tranche d'âge considérée : toute démarche scientifique bien conduite débouche sur une acquisition de connaissances — un bon chasseur se reconnaît au fait qu'il attrape du gibier — ou inversement les concepts de base en sciences sont incompréhensibles sans la méthode qui leur donne signification et efficacité. Mais sur le plan de la pratique concrète, la polarisation sur une seule famille d'objectifs peut masquer au maître certaines erreurs pédagogiques : les concepts imposés au lieu d'être construits ne sont pas compris ; les apprentissages routiniers de méthodes sous forme de recettes scientifiques sont inefficaces. Il serait souhaitable au niveau de la formation des maîtres de faire apparaître constamment le lien entre les deux familles d'objectifs et de progresser suivant plusieurs directions trop souvent négligées :

Il ne suffit pas de faire acquérir des connaissances ; à une époque où l'enfant est submergé par les informations de la télévision, des journaux, de la publicité, les seules connaissances valables sont celles qui permettent une analyse critique et une organisation du flux incohérent d'informations ; le recours à l'expérience est indispensable pour construire ces concepts de base.

Il est nécessaire d'étalonner les objectifs conceptuels et méthodologiques en fonction du développement de l'enfant. Dans de nombreux projets récents, on se refuse entre six et douze ans à définir des programmes de connaissances par classe, car le niveau des différents enfants est trop hétérogène ; mais les maîtres ont besoin de connaître les différents niveaux de formulation possibles pour un même concept de base pour pouvoir individualiser leur enseignement.

Pour la tranche d'âge considérée, la biologie fait rarement l'objet d'épreuves d'examens. De ce fait beaucoup de projets ne mentionnent pas de tableau de connaissances, ce dernier étant réservé à la fin de la scolarité obligatoire (par exemple, Nuffield Combined Science). D'autres projets donnent les tableaux de concepts de base à la fin d'un cycle ou précisent des tableaux de connaissances utiles pour permettre un apprentissage intelligent des objectifs pratiques.

Les objectifs techniques et pratiques sont formulés de façon très différente suivant les projets :

Les objectifs pratiques en rapport avec l'éducation sanitaire et le développement agricole restent importants dans la plupart des projets des pays en développement, mais ils sont mieux liés aux objectifs cognitifs au lieu d'être définis uniquement par des apprentissages ponctuels relevant du conditionnement. Malheureusement le savoir pratique n'est évalué le plus souvent que par des épreuves théoriques et non à l'occasion d'activités exercées de façon responsable dans une situation concrète qui exige réflexion et décision.

Les objectifs concernant les pratiques instrumentales et les techniques de laboratoire relatives à l'observation, l'analyse, la mesure, l'enregistrement des données prennent une part croissante à la fin de la classe d'âge étudiée. Leur formulation ne fait pas suffisamment apparaître leur fonction générale aux yeux des maîtres : ils introduisent progressivement une technologie différente de celle de la tradition où l'outil est le prolongement de la main, alors que les techniques scientifiques imposent à l'usager de se plier à la logique de l'instrument et de maîtriser des principes scientifiques. L'évaluation des apprentissages instrumentaux est souvent négligée.

Problèmes relatifs aux méthodes

De plus en plus l'initiation biologique comprend non seulement des cours accompagnés de démonstrations effectuées par le maître, mais aussi des travaux pratiques, des sorties et des travaux sur documents.

Articulation des études sur le terrain, des travaux de laboratoire et des recherches documentaires dans la formation scientifique

La plupart des plans d'étude recommandent les sorties, études dans le milieu, enquêtes auprès des agriculteurs, des exploitants forestiers, des services de santé, visites de musées et de jardins zoologiques ; parfois même, les enfants se livrent à un travail productif comme il a déjà été indiqué. Les études sur le terrain cherchent à réagir contre le caractère verbal et artificiel de l'école ; elles créent pour l'ensemble de la classe une expérience commune qui facilite la participation active de tous les enfants. Placées au début d'un thème, elles permettent de passer progressivement à la formulation d'un ou plusieurs problèmes à partir du questionnement provoqué par le contact avec une situation vécue, complexe, saisie d'abord globalement (voir : Colloque Dakar, 1975) ; le retour au milieu à l'issue d'un thème permet de saisir le rôle de l'acquis dans la prise de décision, son interférence avec d'autres facteurs, économiques et sociaux : l'enfant comprend que le savoir n'est pas destiné à être récité mais à transformer le milieu.

Les études sur le terrain ne suffisent pas en général à définir une démarche scientifique. La simple rédaction des

réponses à un questionnaire d'enquête constitue certes une activité fructueuse d'entraînement à la langue écrite mais non un exercice scientifique ; si l'enfant reste sur un plan descriptif sans séparer les variables et établir de véritables relations causales par l'observation comparée et l'expérimentation, il accumule des recettes techniques mais n'accède pas à une pensée scientifique structurée.

Les sorties sont plus difficiles en milieu urbain, en particulier pour des raisons administratives ou financières. De plus, elles ne peuvent être guidées par des documents convenant à tout un pays ; de ce fait certains projets ne les mentionnent pas. Mais est-il souhaitable de travailler toujours en laboratoire sur des situations simplifiées où l'interférence des facteurs biologiques et humains ne peut être saisie directement ?

Plus récemment, se sont développées les classes de nature et de mer en particulier pour les enfants de milieu urbain ; parfois il s'agit d'échanges de la journée entre classes de ville et classes de campagne proche. Ces initiatives peuvent être très fécondes, car la référence à deux milieux totalement différents facilite la prise de conscience des problèmes. Cependant il existe peu de documents relatifs à leur exploitation continue tout au long de l'année scolaire sur le plan de la formation scientifique des enfants.

Les travaux de laboratoire sont recommandés par tous les plans d'étude. Ils peuvent être faits dans la salle de classe avec un équipement très simple à l'école élémentaire (APSP), mais dans l'enseignement secondaire il semble souhaitable d'avoir une salle spécialisée qui puisse à la fois servir au cours et aux travaux pratiques. La possibilité pour tous les enfants du cycle secondaire d'effectuer des travaux de laboratoire ne devrait-elle pas constituer un objectif prioritaire ? Il faut préciser que les exercices pratiques ne se définissent pas par l'équipement du local ou la complexité du matériel mais par la possibilité effective d'observer, d'expérimenter, de manipuler des instruments individuellement ou par petits groupes. Dans ce domaine, le jardin scolaire peut prolonger la salle de classe comme lieu d'expérimentation.

La forme des travaux pratiques a beaucoup évolué depuis 1950. Ils étaient considérés autrefois comme des applications de la leçon et consacrés en grande partie à des apprentissages techniques et à des dessins d'observation ; des fiches très directives limitaient étroitement la part d'initiative de l'élève. Dans certains pays les travaux pratiques continuent à être considérés comme des applications de la leçon. Mais ils exigent de la part des élèves un effort d'analyse et de raisonnement logique pour permettre l'application des apprentissages à des situations nouvelles. Cependant la généralisation de la méthode de découverte a conduit à placer plus souvent les travaux pratiques au début de l'exercice, après la formulation du problème. Une autonomie réelle est laissée aux enfants, même lorsqu'ils travaillent sur des lots de matériel spécialement conçus pour réaliser un objectif déterminé ; dans d'autres cas ils réalisent leur projet avec du matériel à leur libre disposition et les fiches de travail servent aux apprentissages des techniques en fournissant des suggestions lorsqu'un groupe est bloqué dans sa recherche.

Les études documentaires à partir de livres ou de films permettent de limiter l'importance du cours magistral. Un apport d'information est nécessaire au moment de la synthèse : l'observation et l'expérimentation ne conduisent qu'à des résultats ponctuels ; le recours au document – si possible à des documents différents – est indispensable pour contrôler, généraliser et situer cet acquis.

D'autre part le travail par petits groupes centré sur la réalisation d'un projet – mode de travail qui couvre une partie de l'horaire de biologie dans de nombreux plans d'étude – suppose une articulation étroite de la recherche expérimentale et du travail documentaire. Cependant les études documentaires ne doivent pas se substituer au travail de laboratoire mais le compléter. Ce danger existe en particulier lorsque le travail indépendant sur projet se fait dans un centre documentaire éloigné du laboratoire.

Mode de groupement des élèves

L'enseignement de la biologie se fait presque toujours dans des établissements où la classe regroupant des élèves du même âge ou du même niveau constitue une unité stable. Mais à l'intérieur de la classe une grande partie de l'horaire est souvent consacrée au travail par petits groupes. Ce type de travail a d'abord été préconisé pour permettre aux élèves de manipuler effectivement ou d'exploiter des documents ; actuellement il exprime en plus la volonté de donner une autonomie effective aux enfants et de changer la relation maître-élèves : celui-ci peut observer les enfants et intervenir individuellement par ses questions et suggestions ; il peut différencier ses interventions au profit des élèves les plus défavorisés. Le travail de groupe pose de nombreux problèmes :

Combien d'élèves peuvent travailler ensemble de façon efficace dans une discipline expérimentale ? Faut-il favoriser le regroupement d'élèves de même niveau ou, au contraire, regrouper des élèves de capacité différente ?

Combien de groupes peuvent être animés de façon efficace par le maître ? (l'effectif des classes en travaux pratiques varie de 16 à 50 suivant les pays) ; ce problème se pose en particulier lorsque les groupes travaillent en situation d'autonomie à des tâches différentes et que les fiches préparées à l'avance ne suffisent pas.

Quelles sont les séquences d'activités (observation par exemple) qui se font le mieux sous forme de travail de groupe ? Quelles sont, au contraire, les activités qui se pratiquent aussi bien ou mieux par classe entière (pour certains, il s'agit de l'entretien qui conduit à la formulation du problème) ?

L'enseignement de la biologie dans les établissements expérimentaux s'est fait parfois dans un cadre plus souple : regroupements variables des élèves suivant les disciplines ; prise en charge d'un grand groupe par des maîtres travaillant en *team-teaching.* Les conclusions suivantes semblent se dégager :

Il n'est pas souhaitable de faire des regroupements par niveau en biologie : cette discipline fait appel à des capacités très différentes (intelligence conceptuelle,

imagination, intelligence pratique) si bien que des élèves très différents peuvent collaborer efficacement dans des classes hétérogènes.

La prise en charge d'un grand groupe par une équipe de maîtres est fructueuse, car elle permet une meilleure individualisation de l'enseignement et une meilleure utilisation des compétences des maîtres mais elle suppose une infrastructure adéquate et une concertation importante dans le cadre d'une pédagogie sur objectifs.

La méthode de découverte : difficultés, ambiguïtés et modalités

La plupart des plans d'étude s'accordent pour préconiser une démarche centrée sur la résolution d'un problème et réalisée par les enfants en situation d'autonomie. Cette démarche n'apparaît pas comme un luxe réservé aux pays développés mais elle est préconisée avec beaucoup de fermeté par les projets des pays en développement (APSP, Corée, Philippines, colloque de Lomé). Elle est préconisée entre six et douze ans par la plupart des pédagogues, sauf par Ausubel qui juge que cette approche consomme trop de temps, conclusion qui semble partagée par certains pédagogues des pays de l'Europe de l'Est. Il n'est pas possible de présenter ici les arguments qui militent pour ou contre la méthode de découverte mais il est utile de faire quelques remarques pratiques :

Il y a un rapport étroit entre la hiérarchie des objectifs proposés et le choix de la méthode pédagogique adoptée. Si la priorité est donnée à l'acquisition d'une attitude scientifique, à la maîtrise de la méthode expérimentale, au développement de la capacité à apprendre par soi-même, il importe de donner à l'enfant la possibilité de formuler lui-même les problèmes à partir de situations vécues et complexes et de lui laisser des possibilités effectives de tâtonnement et d'autonomie. Au contraire, si la priorité est donnée à la maîtrise de la structure de la science (SCIS), il est souhaitable de limiter les tâtonnements en proposant à l'enfant un matériel spécialement conçu pour l'acquisition d'un concept donné et l'on passe ensuite du transfert de l'acquis à des situations complexes. Mais quelle que soit l'échelle des priorités, on ne peut ni se dispenser pour cette classe d'âge d'un moment d'autonomie où le maître est à l'écoute de l'enfant et l'aide à dépasser ses représentations, ni d'un moment de structuration de l'acquis, même si l'on ne donne pas un programme de connaissances imposées.

Il y a souvent un abîme entre la pédagogie décrite dans les projets et la pédagogie réellement pratiquée dans les classes. La plupart des maîtres ont besoin d'instruments de travail : guides pédagogiques, suggestions relatives à la recherche, la construction et l'emploi du matériel. Mais la diffusion de fiches pédagogiques, de lots de matériel ne suffit pas : faute de formation et de confiance en eux-mêmes beaucoup de maîtres renoncent à une démarche flexible qui tient compte des questions et de la pensée réelle des enfants ; ils s'en tiennent aux questions posées par le livre, ne prennent en compte que les réponses des enfants prévues par le guide et donnent un enseignement dogmatique faussement qualifié d'enseignement actif centré sur la découverte.

La rénovation de l'enseignement de la biologie est moins liée à la qualité intrinsèque des projets qu'à l'effort d'animation pédagogique et de formation des maîtres qui accompagne la mise en place d'un nouveau projet. Grâce au travail en équipe, les maîtres peuvent s'entraider et jouer le rôle d'observateur extérieur dans la classe de l'autre en utilisant si possible des techniques d'enregistrement (magnétophone ou magnétoscope) et des grilles permettant l'analyse objective des situations de classe.

D'autre part l'extension d'un projet passe par la formation permanente des maîtres ; certains auteurs de projets refusent d'ailleurs de diffuser les fiches pédagogiques et les lots de matériel aux maîtres qui ne sont pas intégrés dans un circuit de formation.

Formation des maîtres

Ce problème capital sera abordé de façon très sommaire, car il est traité dans le chapitre consacré à la formation et au recyclage des maîtres.

Formation des maîtres et recherche pédagogique

Malgré des dépenses considérables pendant dix ans, 30 % des maîtres de l'école élémentaire seulement avaient adopté les nouveaux curriculums scientifiques à l'issue de cette période aux Etats-Unis. Un temps considérable peut être gagné en associant des maîtres à tous les stades de la recherche pédagogique : non seulement on évite les réactions de rejet, car on découvre au cours de la recherche elle-même les causes de résistance à l'innovation, mais on profite aussi de la créativité des maîtres qu'on avait souvent mésestimée. Les centres de formation des maîtres tendent à devenir de plus en plus des foyers de recherche pédagogique.

Formation initiale des maîtres

On souligne souvent le faible niveau de formation scientifique des étudiants entrant dans les instituts de formation des maîtres, en général à l'issue de l'enseignement du second degré, en particulier en ce qui concerne les futurs maîtres du cycle élémentaire. Pour remédier à cette situation, il n'y a pas lieu d'accumuler les cours de biologie ; il faut, au contraire, réagir contre le caractère dogmatique de la formation antérieure et l'absence d'initiative au cours des études en habituant les futurs maîtres à la résolution de problèmes dans un cadre qui favorise la recherche personnelle, le travail en équipe, la prise de responsabilité, qui développe la confiance en soi et l'attitude scientifique. Il est souhaitable par ailleurs de lier plus étroitement l'enseignement scienti-

fique et celui de la psychologie et la pédagogie ; l'étude de cas concrets permet de faire apparaître la contribution de chacune de ces disciplines à la résolution d'un problème pédagogique ; on peut ainsi réduire l'importance des cours théoriques que l'étudiant n'arrive pas à investir dans la pratique quotidienne.

Formation permanente des maîtres

La nécessité de la formation permanente a été soulignée à cause de l'évolution rapide de la biologie et des besoins de la société. Deux aspects ont été particulièrement soulignés : la nécessité d'une participation active des maîtres (par exemple, sous forme de *Workshops* comme dans le projet ESS) et l'importance d'un service de suite efficace après le stage ; au Ghana, le stage se prolonge par trois visites de conseillers pédagogiques dans les classes du stagiaire ; ailleurs, on convoque ensemble les membres d'une même équipe pédagogique.

Les moyens [1]

Locaux et matériel scientifiques

Deux problèmes se posent à ce sujet : *a*) le renouvellement de la pédagogie entraîne-t-il un renouvellement de l'architecture et de l'équipement des laboratoires ? *b*) comment peut-on réaliser un équipement minimal avec des moyens pauvres ?

Architecture et équipement des laboratoires

Les équipements traditionnels distinguent salles de cours et salles de travaux pratiques, les salles étant spécialisées par discipline et leur organisation très rigide. Les nouvelles tendances impliquent la construction de salles convenant à un enseignement intégré et susceptibles de réaliser des fonctions multiples avec des regroupements différents d'élèves : cours avec démonstrations du maître, travaux par petits groupes, coin nature avec cultures et élevage, accès à la documentation imprimée et audio-visuelle, accès libre au matériel. Il serait utile de provoquer des échanges relatifs aux solutions apportées dans les différents pays et à leur coût respectif.

Problème de la limitation des dépenses

Le nouveau type de salles peut être réalisé de façon très économique : l'essentiel est de disposer de surfaces planes et mobiles pour travailler et de meubles de rangement. Il importe aussi d'occuper au maximum les locaux existants (au Sénégal on construit des blocs scientifiques communs à plusieurs établissements du second degré).

Les dépenses de matériel peuvent être réduites :

Une partie du matériel peut être collectée sur place ou construite par les maîtres avec la participation des enfants (le manuel Unesco a fourni de nombreuses suggestions ; les projets africains et asiatiques proposent très souvent des idées originales pour la fabrication du matériel) ; ces travaux contribuent aussi à enrichir l'expérience technologique des maîtres et des élèves ;

Il importe cependant de disposer, surtout au niveau du second degré, d'un minimum de matériel précis (microscope, instruments de mesure) et de verrerie pour mieux faire apparaître le caractère instrumental de la science et développer la rigueur qu'elle implique. De nombreux pays ont réalisé des centres nationaux d'équipement qui achètent, distribuent et parfois construisent le matériel.

Documentation

Documentation à l'usage des maîtres. Les livres à l'usage des maîtres constituent l'effort principal de publication de la plupart des projets récents ; ils contiennent des informations scientifiques, des suggestions pédagogiques et des indications techniques relatives au matériel.

Mais le biologiste arrivant à un nouveau poste a aussi besoin d'une information sur le milieu local. Bien qu'indispensables ces documents de diffusion restreinte sont beaucoup moins répandus. Il serait souhaitable de présenter des réalisations pratiques (guide des ressources pédagogiques réalisé par l'équipe des professeurs, centralisation des renseignements par des centres documentaires à l'usage des maîtres, etc.).

Documentation à l'usage des élèves. Le manuel scolaire, même s'il est bien employé, répond de façon insuffisante aux besoins spécifiques de la pédagogie rénovée de la biologie. Il est souvent remplacé dans les nouveaux projets par un livret d'exercices ; des manuels différents sont alors à la disposition des enfants dans la bibliothèque de la classe.

Le travail de groupe suppose l'édition d'une documentation spécifique (fiches techniques ou documentaires, livrets de détermination) qui n'existe pas toujours dans le commerce ; par contre, les livres de nature et les encyclopédies permettent souvent de trouver des renseignements pour répondre aux questions lorsque les résultats de l'observation ou de l'expérimentation appellent des compléments d'information. Certains projets mettent des fichiers d'auto-évaluation à la disposition des élèves (collèges d'enseignement secondaires expérimentaux, France).

Aides audio-visuelles. Il faut signaler en particulier la diversité des fonctions des aides audio-visuelles : sensibilisation, simulation d'une situation expérimentale en vue d'une analyse, apport d'information, évaluation. Aux documents fermés s'ajoutent un nombre croissant de documents ouverts exploités librement par le maître, en particulier diapositives et films de 8 mm.

1. Voir le chapitre "Influence des nouveaux équipements et des moyens techniques d'enseignement sur l'enseignement de la biologie".

Problèmes spécifiques à certains niveaux

La biologie à l'école élémentaire

Objectifs

Plus qu'aux autres niveaux la biologie doit être étroitement intégrée à l'éducation générale : contribuer à l'éveil de l'enfant, faciliter l'insertion dans la société, assurer l'équilibre entre la sensibilité et la pensée rationnelle, contribuer à l'apprentissage des méthodes de travail.

Parallèlement on demande aux activités scientifiques de faciliter les apprentissages des disciplines instrumentales (langue écrite et mathématiques).

Forme sous laquelle la biologie est introduite dans les plans d'étude

La biologie n'apparaît pas nécessairement sur les tableaux horaires. On parlera d'initiation biologique chaque fois qu'une activité scolaire portant sur une situation où le vivant est impliqué débouchera au moins de façon incidente sur des explications scientifiques, même si l'exercice est orienté en premier lieu vers d'autres objectifs. La place de la biologie dans les plans d'étude peut prendre les formes les plus différentes :

Dans quelques pays (République démocratique allemande, par exemple) l'école élémentaire est consacrée uniquement aux apprentissages fondamentaux. Cependant les travaux pratiques (jardinage, par exemple) permettent de développer une expérience commune à tous les enfants qui pourra être exploitée plus tard en biologie.

Dans un certain nombre de pays (Afghanistan, Inde, Tunisie, URSS), l'accent est mis sur les objectifs pratiques, hygiène, agronomie, protection de l'environnement.

Dans beaucoup de projets récents, la biologie fait partie d'un enseignement scientifique orienté vers des objectifs méthodologiques et éventuellement vers l'acquisition des concepts de base ; la démarche est centrée sur la résolution d'un problème et vise à développer en premier lieu une attitude scientifique (ASS, ESS, SCIS, COPES, BSCS, Nuffield J. Sc., Sciences 5/13, APSP et ses adaptations à vingt pays d'Afrique, Indonésie, Japon, Philippines, Nouvelle-Guinée, Activités d'éveil en France). Quelle que soit leur dénomination on peut les ranger sous la rubrique " enseignement intégré des sciences de la nature ".

L'intégration s'étend aux sciences humaines dans un certain nombre de projets intitulés " Etude du milieu " (la plupart des pays francophones de l'Afrique de l'Ouest) ou " Etude de l'environnement " (Birmanie). Ces projets ont d'abord été inspirés par le souci de préparer l'animation rurale et d'assurer la cohésion de la nation ; mais, par leur contenu, ils dépassent le souci d'intégration sociale et ils mettent l'accent sur le développement de la pensée rationnelle en particulier de la pensée scientifique définie par des objectifs méthodologiques et conceptuels précis, exigence qui ne s'oppose pas au souci de globalité.

Dans certains plans d'étude (Activités d'éveil en France) on avait préconisé un large décloisonnement disciplinaire pour marquer la priorité donnée aux objectifs d'éducation générale. Mais il est apparu nettement au cours des dernières années que ces objectifs ne pouvaient être réalisés sur des sujets pris sur le milieu de vie de l'enfant que si certains objectifs spécifiques de la biologie étaient réalisés en même temps.

Les horaires scientifiques tiennent une place très variable dans l'horaire hebdomadaire (5 à 15 % de l'horaire total de la 4e à 6e année pour les pays d'Asie) ; la part de la biologie est rarement explicitée.

Finalement on peut dégager les points de convergence suivants dans différents plans d'étude récents :

Le souci de privilégier les objectifs d'éducation générale a conduit à préconiser une méthode active centrée sur la résolution de problèmes dégagés si possible du milieu ; les objectifs pratiques et les connaissances se présentent comme des retombées nécessaires d'une telle démarche.

La biologie se situe de plus en plus dans le cadre d'un enseignement décloisonné. La pédagogie sur objectifs permet de canaliser deux exigences longtemps considérées comme incompatibles : une organisation scolaire souple permettant une approche globale d'un problème, une adaptation du déroulement de l'exercice aux intérêts des élèves et la réalisation effective d'une formation biologique définie par l'acquisition d'objectifs précis susceptibles d'être évalués.

Initiation biologique et apprentissages instrumentaux : lecture, écriture, mathématiques

Trop souvent les maîtres hésitent à faire de la biologie à l'école élémentaire, car ils craignent de ne plus disposer d'un temps suffisant pour les apprentissages considérés comme fondamentaux, en particulier lorsqu'il y a une sélection à la fin du cycle. En fait, cette opinion apparaît de plus en plus comme erronée lorsque l'initiation scientifique est conduite suivant les méthodes qui se répandent actuellement.

Les activités biologiques pratiquées suivant la méthode de découverte s'appuient sur la communication et font constamment appel à la langue orale ou écrite. La pensée scientifique exige un niveau de langage élevé et le recours constant à l'écrit, l'exercice scientifique permet de motiver ou d'appliquer des apprentissages linguistiques. Ainsi certains enfants qui sont rebutés par le caractère verbal et formel des exercices scolaires peuvent découvrir que ces apprentissages ont une signification. Ils constituent une puissante incitation à la lecture ; les livres de nature sont très demandés dans les bibliothèques scolaires.

La rénovation de l'enseignement des mathématiques s'accompagne nécessairement de développement des acti-

vités scientifiques, car la construction ou le renforcement des concepts des mathématiques modernes suppose l'analyse de situations expérimentales diversifiées.

Dans un certain nombre de pays d'Afrique et d'Asie ou de régions d'Europe, la langue écrite enseignée à l'école diffère de la langue parlée dans le milieu. La pensée scientifique ne peut se passer du support de la langue écrite mais par ailleurs elle ne peut renoncer à la collecte des données dans le milieu par l'intermédiaire de la langue parlée usuelle. Au cours d'un exercice scientifique l'élaboration progressive des données conduit à un changement de langue. Pour permettre effectivement cette transposition plusieurs pays d'Afrique francophone ont reporté les débuts de l'enseignement scientifique à la troisième année scolaire.

Au cours de la dernière décennie, l'initiation biologique à l'école élémentaire a pris un nouveau visage : non seulement elle apporte des clés qui permettent de mieux comprendre l'insertion de l'homme dans son milieu, mais elle apparaît comme l'un des ponts qui permettent d'enraciner les apprentissages linguistiques et mathématiques dans les activités de vie des enfants (explorations, exercices physiques, élevages, activités techniques). Cependant ce cheminement n'est possible que si le maître est capable d'orienter les activités spontanées des enfants vers un effort d'analyse et de réflexion qui permet la maîtrise des objectifs éducatifs.

Enseignement secondaire du premier cycle *(s.l.)*

Les problèmes particuliers à l'enseignement de la biologie dans cette tranche d'âge varient beaucoup en fonction des pays et des filières que suivent les élèves lorsqu'elles sont séparées : les élèves suivent-ils un enseignement de culture générale commun à tous, ou sont-ils orientés vers des sections ou des filières séparées, ayant des plans d'étude différents quand les élèves suivent un enseignement long type lycée ou lorsqu'ils sont orientés vers une formation pratique ?

L'enseignement scientifique occupe de deux à six heures et représente en moyenne 10 à 12 % de l'horaire hebdomadaire. L'horaire de biologie semble représenter 40 à 50 % du total de cet enseignement scientifique.

Contribution de la biologie à la réalisation des objectifs généraux du premier cycle

Les objectifs spécifiques de la biologie déjà analysés ne suffisent pas à déterminer le contenu du curriculum ; le contenu et la forme de l'enseignement biologique sont aussi déterminés par les finalités de l'école à ce niveau. Cet aspect longtemps négligé tend à prendre une importance croissante dans les projets.

Contribution de la biologie à une orientation continue et progressive

L'orientation se réduit trop souvent à la sélection par l'échec des élèves destinés aux études longues sur des critères uniquement verbaux ou à partir des résultats en mathématiques.

La biologie peut faciliter une orientation fondée sur des critères positifs. Un enseignement de la discipline fondé sur les méthodes actives permet de valoriser et de mettre en évidence les qualités d'observation, de jugement critique, d'imagination créatrice, d'initiative, de confiance en soi, la maîtrise de la pensée logique sur des exercices qui ne sont pas purement verbaux. Souvent les maîtres éprouvent des difficultés à repérer objectivement ces capacités ; des recherches actuelles visent à mettre au point des grilles d'indicateurs destinées à aider les maîtres (Progress In Science Learning ; collèges d'enseignement secondaire expérimentaux, France).

Réaliser les conditions permettant de faciliter la formation

A l'issue de la scolarité obligatoire l'information biologique n'est donnée sous une forme systématique qu'à un petit nombre de spécialistes. Pour la plupart, la formation permanente se limite aux données véhiculées par la presse et les mass media. Comment recevoir de façon critique ce flux d'information, le confronter à son expérience personnelle pour réorganiser le réseau conceptuel ? Il ne suffit pas de maîtriser les techniques d'information : la formation permanente profite avant tout à ceux qui maîtrisent la pensée expérimentale et qui ont organisé les connaissances en une structure.

Ouvrir l'enseignement à la vie

Un grand nombre de projets (CESIP, BSCS, Kiel) tentent de s'adapter aux besoins des préadolescents et de répondre à leurs problèmes de vie en provoquant des discussions à partir d'une analyse objective des données (environnement, pollutions, sexualité, drogue). La participation effective à la vie publique, fondamentale dans une démocratie, ne suppose pas seulement des connaissances, mais la possibilité de dialoguer avec des experts en raisonnant comme eux sur des hypothèses expérimentales et des modèles,

Contenu, méthodes et mode d'intégration de la discipline

Faut-il adapter l'enseignement de la biologie aux capacités des élèves ? Lorsque les filières différentes existent on constate souvent les spécifications suivantes de l'enseignement de la biologie :

Dans les filières longues, l'enseignement présente une orientation nettement conceptuelle et verbale ; dans certains pays (Italie) on a introduit récemment l'enseignement de la biologie ; on observe une tendance à enseigner les disciplines scientifiques sous une forme séparée.

Dans les filières courtes, l'enseignement biologique présente un caractère intégré lorsqu'il existe (orientation professionnelle de l'enseignement) ; il est donné parfois sous forme de règles pratiques qui laissent une place insuffisante à l'analyse critique des problèmes et à la prise de décision.

On observe actuellement une tendance à réduire ces disparités : dans un nombre croissant de pays les enfants de cet âge ne sont pas séparés en filières distinctes et rigides. Mais, dans ce cas, on tend à favoriser l'individualisation de l'enseignement.

Problèmes spécifiques au premier cycle relatifs au contenu et aux méthodes

On observe une plus grande uniformité du contenu et des méthodes que pour le cycle élémentaire. Il faut cependant noter que certains curriculums récents donnent une part importante à l'étude de l'homme (IPN Kiel, BSCS) alors que la biologie humaine était souvent abordée plus tard.

Méthodes. "Il semble que pour former les plus jeunes, on s'accorde à penser que la démarche est la plus importante afin d'aiguiser leur curiosité et leur ouverture d'esprit... Par la suite il sera intéressant de mettre les élèves en présence ou de leur faire construire un réseau organisé de concepts" (Conseil de l'Europe). Cette conception semble généralement partagée dans les curriculums récents mais sa réalisation suppose qu'on apporte des aides suffisantes aux maîtres.

On peut distinguer trois types de présentation des plans d'étude :

1. Certains curriculums se limitent à une énumération de sujets d'étude : ils sont à la fois trop contraignants sur le plan de la matière (étude du chat, de la chauve-souris, d'une plante à fleurs, etc.) et trop vagues en ce qui concerne les objectifs à atteindre (méthodes et concepts de base) ; ils favorisent de ce fait un enseignement de connaissances factuelles.

2. D'autres plans d'étude (par exemple, projets Nuffield, projet écossais de sciences intégrées) se présentent sous forme de modules centrés sur un domaine conceptuel mais conçus de façon à favoriser une approche mettant l'accent sur la résolution d'un problème et l'accès progressif à la méthode expérimentale. En principe ces modules laissent une certaine liberté aux maîtres et aux élèves ; par ailleurs, ils ne couvrent pas toujours la totalité de l'horaire de façon à permettre une activité optionnelle éventuellement sous forme de projet. Les plans d'étude sur module se sont beaucoup répandus à ce niveau car on se préoccupe de lier la maîtrise progressive de la méthode expérimentale à l'acquisition d'objectifs conceptuels précis ; la préoccupation du contenu est beaucoup moins affirmée au niveau élémentaire. Mais certains professeurs regrettent que les modules les empêchent de réaliser une exploration libre de leur environnement.

3. Certains plans d'étude (Belgique, France) préconisent une étude par thèmes à partir de sujets choisis dans le milieu ; une très grande liberté est laissée aux maîtres ; seuls les objectifs de base et les domaines à étudier sont définis pour éviter les recoupements ; ils répondent aux exigences de la méthode de découverte mais leur réussite suppose deux conditions : d'une part que les maîtres aient maîtrisé la pédagogie sur objectifs pour qu'ils soient capables d'orienter efficacement le travail des enfants ; d'autre part, qu'ils travaillent en équipe pédagogique, car l'équipe assure dans ce cas une partie du travail d'organisation assuré par les auteurs des modules.

Mode d'intégration de la biologie. A ce niveau, elle est encore enseignée sous forme de science séparée dans un tiers des pays ; parfois elle constitue la seule discipline enseignée en 6e ou 7e année.

Un nombre croissant de pays a adopté un enseignement intégré des sciences expérimentales, soit à la suite de l'introduction des sciences physiques à ce niveau, soit par un rajeunissement d'un cours pratique de sciences générales. Mais l'intégration se limite parfois à une coordination des concepts au lieu de favoriser une approche plus souple des problèmes du milieu et de faire apparaître l'unité de méthode expérimentale à travers la diversité des démarches.

Quelques pays (Belgique, Danemark) ont recherché à intégrer biologie et sciences humaines au moins au cours des deux premières années du cycle.

Il est souhaitable que l'intégration n'aboutisse pas à un enseignement de la biologie au rabais : un enseignement intégré peut être assuré par une équipe de professeurs travaillant en concertation.

Recommandations

Recommandations relatives à l'organisation scolaire et aux moyens

Compte tenu de l'évolution des finalités de l'éducation, il est souhaitable qu'une formation biologique intervienne à tous les niveaux quelle que soit la forme sous laquelle elle est présentée dans les plans d'étude. Il est souhaitable qu'une partie au moins de l'enseignement puisse être assurée sous forme de travaux pratiques et que cette nécessité soit systématiquement prise en compte dans les plans d'équipement des écoles.

Tous les enfants de milieu urbain devraient avoir un contact avec la nature sous forme de sorties ou de classes de nature, d'une part, et grâce à l'aménagement de l'environnement à l'intérieur de l'école, d'autre part.

Recommandations relatives à l'élaboration des curriculums et à la recherche pédagogique

Il est souhaitable qu'aucun plan d'études ne soit imposé sans recherche pédagogique et sans participation des enseignants, que les curriculums tiennent compte des possibilités d'équipement et de formation des enseignants pour éviter un retour à l'enseignement dogmatique par manque de réalisme.

Les enseignants devraient être associés à tous les stades de la recherche pédagogique ; expérimentation pédagogique et formation des maîtres devraient être liées pour éviter les réactions de rejet ou de blocage au moment de la diffusion de projets pourtant bien conçus. La recherche pédagogique doit s'appuyer sur l'innovation des maîtres.

Il est souhaitable de porter plus d'attention à l'étude concrète de situations de classe, à l'analyse des obstacles

que rencontre la diffusion d'un projet, aux réactions des maîtres et des élèves devant une innovation.

Il est souhaitable de rédiger les plans d'étude sous forme d'objectifs pour assurer la flexibilité impliquée par la méthode de découverte, pour permettre l'adaptation au milieu et faciliter l'interdisciplinarité. Les objectifs d'attitude ne doivent pas se limiter à une déclaration de bonnes intentions. Il est nécessaire de mieux exprimer les objectifs en fonction du développement de l'enfant.

Il est souhaitable de comparer les différents modes d'intégration de la biologie aux différents niveaux pour que l'intégration permette la réalisation effective des objectifs de la biologie.

Recommandations relatives à l'animation pédagogique et à la formation des maîtres

Il est souhaitable de favoriser la multiplication des équipes pédagogiques d'établissement et de secteur (temps de concertation institutionnel, conseillers pédagogiques, etc.) et de leur laisser un rôle effectif dans l'innovation pédagogique, l'adaptation des curriculums, la formation permanente, la mise en œuvre ou la fabrication des aides pédagogiques.

Il est souhaitable de fournir aux maîtres des aides pédagogiques sous une forme qui fasse appel à leur créativité, leur sens critique et qui favorise la concertation ; il importe de multiplier la publication des documents se rapportant au milieu local.

La formation des maîtres devrait être centrée sur l'aptitude à résoudre un problème, à saisir l'interférence des facteurs biologiques et sociaux dans l'environnement et à développer l'analyse de la relation pédagogique en se référant aux objectifs précis de la biologie qui ne se réduit pas à un discours.

Bibliographie

Publications générales

Lockard, J. D. *Eighth Report of International Clearinghouse on Science and Mathematics Curricula.* University of Maryland, College Park, MD 20742 (Etats-Unis d'Amérique).

Lockard, J. D. ; *et al. Working international bibliography on trends in biological education.* 1975. University of Maryland, College Park, MD 20742 (Etats-Unis d'Amérique).

Unesco. *Tendances nouvelles de l'enseignement de la biologie.* 3 vol.

Unesco. *Tendances nouvelles de l'enseignement intégré des sciences.* 3 vol.

Unesco. *Bulletin du Bureau régional de l'Unesco pour l'éducation en Asie. Science education in the Asian region.* 5 vol.

Plans d'étude, projets ou rapports cités dans le texte

Afrique

African Primary Science Program. East African Secondary Science Project. Ministère de l'éducation nationale de Tunisie : programme CUTP ; programme des ITM.

Nigéria : Mid-Western State of Nigeria Primary Science-Project.

SEPA. *Enseignement scientifique intégré dans les écoles primaires.* Coopération SEPA-Unesco (Lomé, 1974). SEPA Secretariat, P.O. Box 9169, Airport Accra (Ghana).

Unesco. *L'enseignement intégré des sciences au niveau du premier degré en Afrique francophone de l'Ouest.* Dakar, 1974.

Asie

Inde : All India Science Teachers Association Physics Study Group. Unicef-Assisted Pilot Project for the Improvement of Science Teaching.

Japon : Integrated Science Curriculum Project.

Malaisie : Integrated Science (*Lower Secondary School*).

Pakistan : Science Education Project.

Philippines : Science Education.

Amérique

Barbade : West Indian Science Curriculum Innovation Project.

Brésil : FUNBEC. Ciencia Integrada.

Etats-Unis d'Amérique : BSCS (Biological Science Curriculum Study). Human Science. Program and Life Science, a BSCS Special Education Program. COPES (Conceptually Oriented Program in Elementary Science). ESS (Elementary Science Study). Science – A Process Approach (Project AAAS). SCIS (Science Curriculum Improvement Study).

Europe

République fédérale d'Allemagne. Arbeitskreis Gründschule : Biologie. IPN Curriculum : Biologie.

Belgique. Ministère de l'éducation nationale. Plan d'étude.

France. Ministère de l'éducation. Circulaire du 17 octobre 1968. (biologie, 1er cycle). Recherche INRDP. Biologie, initiation expérimentale dans les CES. Recherche INRDP. Activités d'éveil scientifiques à l'école élémentaire.

République démocratique allemande. Lehreplan Biologie.

Royaume-Uni. Nuffield Projects : O-Level Biology Project, Secondary Science, Combined Science, Junior Science. Progress in Science Learning. Science 5/13. SCISP (Schools Council Integrated Science Project). Scottish Secondary Science Schemes.

URSS. Study programme for elementary schools of USSR. 1971 programme.

Australie

ASEP : Australian Science Education Project. ASTEP : Australian Science Teacher Education Project.

Évolution et élaboration des nouveaux cours de biologie dans l'enseignement secondaire

Introduction

Durant les quinze dernières années, on a enregistré, dans le monde entier, une production exceptionnelle de nouveaux cours de biologie au niveau scolaire, qui faisait partie d'un processus de réforme au cours duquel les programmes scolaires connurent une très grande variété d'innovations. En même temps qu'il s'agissait de réformer le contenu de ces programmes, on procéda à l'introduction de nouvelles méthodes d'enseignement et d'acquisition des connaissances ainsi qu'à la création de nouveaux types d'équipement. Ce qui fait le caractère particulier de cette période, c'est le nombre et la variété de ces innovations et elle traduit un changement très important de la philosophie d'un grand nombre de gens s'intéressant à l'éducation.

Le point fondamental a été d'accepter la nécessité d'un changement radical et rapide. Les programmes, les méthodes d'enseignement et d'acquisition des connaissances furent considérés comme périmés, hors de propos et inefficaces. De plus, on admit que le programme général de l'enseignement devait être soumis à des modifications continues, par exemple chaque fois que les connaissances scientifiques nouvelles et les besoins sociaux l'exigeaient. Ce sentiment d'urgence fut tempéré par le désir de s'assurer que les innovations étaient de qualité et, à cet effet, on établit généralement à l'échelle nationale des systèmes de mise au point et d'évaluation progressive des curriculums. Les projets de mise au point de ces programmes représentent l'aspect le plus évident de cet effort, mais l'évolution des structures nouvelles des systèmes d'éducation, par exemple celle induite par les organismes d'examen, traduisit aussi cette préoccupation, de la même façon que la mise en place au sein des ministères de l'éducation, des universités et d'autres institutions, de services spécialisés dans cette rénovation des programmes d'enseignement. Vers la fin de cette période, se manifeste une autre préoccupation, celle de savoir dans quelle mesure un système d'enseignement et les gens qu'il concerne peuvent faire face aux exigences d'une innovation étendue. Ainsi, les problèmes relatifs à la mise en application de ces innovations se sont vus accorder une plus grande importance ; on a suggéré, en particulier, que les enseignants participent plus directement à l'innovation des programmes d'enseignement.

Innovation venant de l'étranger

Bien qu'il soit évident que les facteurs sociaux, économiques et scientifiques propres à chaque pays aient influencé cette évolution, rares sont les nouveaux cours de biologie que l'on pouvait considérer à cette époque comme purement "endémiques". La plupart des idées et même des matériels utilisés dans ces nouveaux curriculums furent importés des Etats-Unis, de France, du Royaume-Uni, d'URSS. Pour l'enseignement de la biologie au niveau secondaire, le BSCS des Etats-Unis d'Amérique (qui débuta en 1959) exerça probablement l'influence la plus nette. En effet, cette vaste entreprise a pu donner un schéma d'évolution et d'élaboration et a stimulé aussi bien l'imitation que la réaction de la part des projets de mise au point des programmes d'enseignement dans d'autres pays. A ce jour, 60 pays ont adapté le BSCS ou sont en train de le faire. Le Projet Nuffield en biologie du Royaume-Uni (qui commença en 1962) ainsi que des activités réalisées dans quelques autres pays ont pu jouer un rôle analogue, mais ils furent, en général, postérieurs au BSCS et la plupart furent, au moins en partie, influencés par lui.

L'utilisation de cette innovation étrangère peut présenter des avantages, par exemple :

Fournir une qualification absente à cette époque ;

Fournir des modèles de nouveaux cours grâce auxquels le personnel qualifié peut être formé ;

Réduire le travail indispensable à la mise au point de ces cours et permettre l'utilisation de ressources limitées à d'autres fins, comme la formation des maîtres ou les moyens de diffusion de l'innovation ;

Réduire le temps nécessaire à la modification d'un programme national.

Mais cette importation présente aussi des inconvénients:
Les besoins sociaux d'une nation ne sont pas toujours pris en considération dans les programmes importés;
Les espèces et les milieux dont il est question dans ces cours sont souvent inconnus;
Le niveau du cours n'est pas toujours adapté;
Le support culturel, c'est-à-dire le style de la langue et de l'illustration, les mentions historiques, sociales et idéologiques des cours importés, n'est pas toujours adapté aux besoins du pays utilisateur;
Quelle que soit l'adaptation d'un tel cours, il reste confiné dans le cadre du modèle original importé et il est à juste titre considéré comme étranger.

L'utilisation considérable qui fut faite de ces cours et de ces matériaux montre bien que les inconvénients ne furent pas considérés comme capitaux; principalement parce qu'on adaptait les cours afin de satisfaire les besoins particuliers du pays utilisateur et parce que les moyens budgétaires et les conditions de la mise au point de programmes d'enseignement authentiquement nationaux n'étaient pas réunis. En outre, on pourrait remarquer que malgré leurs insuffisances l'effet de stimulation fut déterminant pour le progrès de l'innovation dans plusieurs pays.

Les innovations qui intéressèrent les programmes d'enseignement de la biologie prirent naissance, à l'instar de beaucoup d'autres sujets, dans le monde occidental; elles intervinrent en même temps que le progrès scientifique qui suivit la seconde guerre mondiale et leur diffusion coïncida avec l'indépendance de plusieurs nations après des changements profonds de nature politique, idéologique, économique et sociale. Cette période arrive à présent à son terme et si une diffusion des innovations pédagogiques doit se faire à l'avenir à l'échelle internationale, elle devra être de nature différente, c'est-à-dire plus en rapport avec la souveraineté des pays et l'indépendance des systèmes nationaux d'enseignement.

Les activités internationales [1] en matière de rénovation des programmes

On peut distinguer deux niveaux d'intervention de l'activité internationale dans la mise au point de nouveaux programmes d'enseignement de la biologie. Le premier représente l'assistance de personnel étranger dans les projets nationaux; c'est le cas lorsqu'un cours importé de l'étranger est adapté dans un pays. A cet effet on envoie toujours du personnel se former à l'étranger, tandis que des consultants viennent d'autres nations pour collaborer au travail de mise au point. Israël a, par exemple, une grande expérience dans l'adaptation de cours de biologie et d'autres disciplines. A Sri Lanka et en Thaïlande, un procédé analogue a été employé pour mettre au point des cours de biologie nationaux.

A l'autre niveau, on rencontre la participation de plusieurs pays à un même projet. C'est ainsi que des groupes de pays ont produit des cours ou des équipements qui pourront aider à la mise au point future des programmes nouveaux dans la région concernée. Le projet pilote de l'Unesco pour l'amélioration de l'enseignement de la biologie en Afrique était de cette nature. Ce projet se déroula en trois phases. La première consista dans la création de groupes nationaux d'étude dans les pays participants afin de connaître les besoins. La seconde phase débuta en 1967 et concerna la plupart des pays anglophones d'Afrique; leurs représentants furent réunis pendant dix mois à Cape Coast au Ghana et ils réalisèrent, avec l'aide d'experts, un cours de biologie de premier cycle ainsi que des manuels pour les élèves, les maîtres, et des diapositives. La troisième phase, d'une durée d'un an, fut organisée différemment: quatre stages de deux mois eurent lieu en Côte-d'Ivoire, à Madagascar, au Maroc et en République unie du Cameroun, auxquels participèrent des enseignants des pays francophones d'Afrique ainsi que des consultants. Des guides du maître accompagnés de diapositives furent réalisés pour le second cycle dans les domaines suivants: écologie tropicale, physiologie végétale, biologie humaine et conservation des ressources naturelles. Les documents de ce projet furent publiés en anglais et en français et mis à la disposition des pays africains; ils furent également diffusés ailleurs. Dans certains pays, ils furent utilisés directement dans les écoles et par les maîtres, mais le plus souvent ils ont servi à alimenter les activités nationales de rénovation pédagogique, en fournissant des idées et des modèles. En outre les participants à ce projet ont pu acquérir une expérience dans la mise au point des programmes et ont pu ainsi mieux contribuer aux activités nationales.

Le projet pilote de l'ALECSO pour l'enseignement de la biologie a des objectifs analogues à celui de l'Unesco, mais il comprend une série de séminaires d'une durée d'une à deux semaines, au cours desquels les participants des pays arabes et des consultants établissent les bases de l'élaboration de nouveaux programmes. Des manuels et des livres du maître sont rédigés au plan national, puis sont examinés lors des séminaires. Les documents produits sont ensuite diffusés dans les pays en vue de leur utilisation expérimentale et leur adaptation aux ressources et aux conditions locales.

En Afrique orientale, la coopération internationale a pris une troisième forme. Le Kenya, l'Ouganda et la République-Unie de Tanzanie, avec l'aide du Royaume-Uni (CEDO), ont mis au point un cours de biologie, chacun préparant un enseignement s'adressant à un âge scolaire déterminé. La République-Unie de Tanzanie s'est chargée du premier cycle, tandis que les deux autres pays se sont intéressés à un enseignement de second cycle. Il y a eu des réunions d'organisation en commun mais chaque pays a réalisé la

1. Le niveau *local* concerne un groupe d'écoles voisines et leur environnement immédiat. La *zone* concerne une partie importante d'un pays présentant des conditions sociales et mésologiques relativement uniformes. Une activité *nationale* intéresse l'ensemble d'un pays, tandis qu'*international* s'applique à l'association de deux pays ou plus. *Régional*, enfin, se rapporte à un groupe de pays voisins géographiquement et présentant généralement des caractères politiques, sociaux et mésologiques assez proches.

mise au point de la partie du cours choisie. Les documents, une fois terminés, furent diffusés dans les trois pays aux fins d'essai, d'évaluation et d'adoption. Une telle coopération internationale en matière d'élaboration de nouveaux programmes présente plusieurs avantages :

Eviter la multiplication inutile des efforts nationaux et utiliser au mieux les ressources et l'expérience disponibles, tout en permettant à chaque pays d'apporter sa contribution directe ;

Améliorer la qualité du travail réalisé, grâce à l'examen des idées et des documents produits par une équipe internationale ;

Permettre aux participants d'un projet régional de jouer ultérieurement un rôle important dans la réalisation des cours dans leurs pays respectifs, par exemple en dirigeant des activités de recyclage.

De telles activités régionales se sont déroulées aux Antilles, en Amérique du Sud et en Asie. Dans certains cas, cette coopération régionale a entraîné la mise au point d'un système commun d'examens, comme en Afrique occidentale pour la Gambie, le Ghana, le Nigéria et la Sierra Leone.

Peu d'études ont été faites, semble-t-il, sur l'efficacité des activités de coopération régionale en matière d'élaboration de nouveaux programmes et il serait très utile d'avoir une évaluation objective de ces activités pour organiser dans le futur des activités analogues. Il est toutefois probable que le succès de ces entreprises tient avant tout au fait que tous les pays participaient vraiment à l'effort, ce qui suppose des conditions sociales, politiques et mésologiques très voisines et par conséquent des besoins et des objectifs semblables en matière d'éducation.

L'élaboration des nouveaux programmes[1]

Dans la plupart des pays ayant entrepris l'élaboration de nouveaux programmes, il s'agissait de changements profonds visant à réformer des cours complets correspondant à une année ou plus de la vie scolaire : l'introduction de chaque cours nouveau était en soi un événement isolé et particulier. Le modèle de mise au point d'un programme alors employé était du type " centre-périphérie ". Ainsi des petits groupes d'experts (ou " centre ") ont mis au point des cours qui ont été diffusés dans les écoles (à la " périphérie ") où l'on s'attendait à les voir appliquer fidèlement. Ce modèle fut adopté dans le cadre de projets de courte durée, mais aussi par les services spécialisés dans la rénovation des programmes ainsi que par les organismes d'examen qui, en changeant les systèmes de contrôle et les programmes, entraînent la production de nouveaux manuels, d'équipement, etc., par des entreprises gouvernementales ou commerciales. Il s'agissait aussi d'un modèle comportant une recherche, une mise au point et une diffusion faisant intervenir une série systématique d'études pilotes planifiées au niveau central, des essais sur le terrain ainsi qu'une évaluation suivie de la diffusion.

Dans nombre de pays utilisant de tels modèles, on a certes reconnu l'amélioration de la qualité des objectifs et des matériaux d'un programme, mais on a constaté qu'il n'y avait pas nécessairement une amélioration de l'enseignement au niveau des écoles. L'absence d'engagement de la part du maître a pour conséquence une réalisation inadéquate du programme, qu'aggravent encore les carences de recyclage et les faiblesses du système de diffusion.

On a fait remarquer qu'en raison de la grande variété des situations scolaires et du caractère idiosyncrasique des styles et des techniques d'enseignement des maîtres, il n'est pas possible pour un programme réalisé de façon centralisée de satisfaire à l'éventail des circonstances dans lesquelles il sera utilisé. D'autre part, certaines réticences s'expliquent par le fait que la méthode comportant recherche, réalisation et diffusion, a eu pour conséquence une innovation plus lente que celle qu'on attendait (par exemple, il a fallu généralement cinq années au moins avant que les matériaux ne soient disponibles à l'extérieur des écoles pilotes) et il semble qu'il s'agisse d'une méthode incapable de répondre à un changement continu et à des besoins variés. S'il est vrai que dans les années soixante l'enseignement de la biologie était déjà bien périmé, qu'une réforme profonde et de grande envergure était nécessaire, il apparaît plus approprié aujourd'hui de mettre au point un processus continu de rénovation qui répondrait à des changements moins importants mais plus fréquents.

A la suite des réactions à la mise en place des programmes des années soixante, on a vu naître des propositions et certaines activités allant dans le sens d'une rénovation centrée sur le plan local dans les écoles avec, en parallèle, de nombreux systèmes d'appoint, comme des séminaires, des consultants et des centres de matériel.

Le rôle du maître

L'élaboration des programmes est essentiellement une transaction entre ceux qui mettent au point une partie du programme et les enseignants qui sont chargés ensuite de l'appliquer. Il y aura alors deux schémas fondamentaux d'élaboration de ces nouveaux programmes : lorsque les rénovateurs et les exécutants sont distincts (élaboration par des spécialistes) ; lorsque les rénovateurs et les exécutants sont confondus (élaboration par les maîtres).

Dans le premier schéma, les rénovateurs ont besoin de temps, d'un soutien en experts et en moyens pour la publication, l'élaboration de l'équipement, etc., tandis que les enseignants ont besoin d'un processus de communication (diffusion), qu'on les informe des innovations, qu'on les y forme et qu'on leur fournisse le nouveau matériel à utiliser. Dans le deuxième schéma, la diffusion et la formation se trouvent éliminées, mais un plus grand nombre de gens doivent être aidés pour la mise au point des programmes ; ce modèle suppose en outre que les enseignants aient l'expérience et les moyens nécessaires pour réaliser la rénovation pédagogique.

Ce deuxième modèle n'implique pas que l'enseignant travaille de façon isolée ; même si certains aspects individua-

1. Voir le chapitre " Evaluation et diffusion d'un curriculum ".

listes existent (ce qui est d'ailleurs inévitable quels que soient les modes de rénovation pédagogiques adoptés), il faut envisager cette façon de procéder comme un processus d'interaction et de coopération dans lequel les activités de groupe sont prédominantes.

Il reste à déterminer les avantages économiques de l'un ou de l'autre des deux modèles proposés. On suppose généralement que le premier coûte moins cher, mais en fait l'expérience de plusieurs pays montre que la diffusion et le recyclage nécessaires sont beaucoup plus coûteux qu'on pouvait le penser. On peut avancer comme une hypothèse raisonnable de songer à mettre au point des modèles qui, en termes du rapport coût/profit, seraient encore plus avantageux.

Dans le deuxième modèle, on suppose qu'il se produit une plus grande dépense de temps de la part de l'enseignant, mais cela est également discuté. Il est clair que, si un pays manque d'enseignants, les deux modèles seront aussi difficiles à réaliser l'un que l'autre. On peut faire remarquer que rares sont les enseignants qui ont l'expérience nécessaire pour la préparation et la publication matérielle des nouveaux programmes (expérience dans l'édition, dans l'illustration, dans la préparation de films, etc.) ; cela constitue donc un autre inconvénient du second modèle. Mais il faut noter que les équipements plus complexes (comme les films) sont coûteux et que des fiches pédagogiques, des préparations et des collections intéressant les organismes locaux en rapport avec leurs milieux sont non seulement plus appropriés mais aussi plus satisfaisants. Les maîtres sont donc capables d'une part importante de cette élaboration des programmes. En outre, les opérations de rénovation pédagogique réalisées par les enseignants contribuent à la formation et à la culture de ces derniers et peuvent exercer une influence favorable sur leur enseignement.

Pour que ces opérations puissent se dérouler convenablement, il faut que les enseignants reçoivent avant d'entrer en service une formation tournée vers la méthodologie de la mise au point des programmes et que celle-ci soit considérée comme faisant partie de leur profession (voir le chapitre "Progrès dans la formation et le recyclage des professeurs de biologie".

Deux exemples d'élaboration des programmes par les maîtres sont ici suggérés, mais on pourrait en proposer d'autres :

Rénovation pédagogique autonome dans laquelle les enseignants assurent l'ensemble du processus de rénovation, aussi bien en ce qui concerne la mise au point du matériel, les méthodes d'enseignement et d'acquisition des connaissances ; ils testent celles-ci et réalisent des produits efficaces. Ce travail peut être fait par des groupes d'enseignants ayant des besoins identiques et il pourra l'être dans une unité de rénovation pédagogique appartenant à une grande école ou encore à un centre de formation de professeurs, possédant les moyens nécessaires à la production de fiches pédagogiques, de documents audio-visuels, de collections, etc.

Une telle façon de faire suppose un niveau de compétence de la part des enseignants, mais elle est aussi une forme d'autoéducation grâce à laquelle les enseignants apprennent, en élaborant les programmes. Elle peut faire naître chez les maîtres un sentiment réel d'épanouissement professionnel.

Rénovation pédagogique partielle dans laquelle les enseignants sont responsables seulement de la mise au point de plans et de projets. Ils travaillent individuellement ou par groupe suivant leurs besoins et suivant le thème traité. Il n'est pas nécessaire dans ce cas d'avoir une unité spécialisée de rénovation pédagogique ; les enseignants peuvent se réunir dans des écoles. Mais leurs projets et leurs plans généraux devront être envoyés à des centres régionaux où les produits finals seront réalisés grâce à l'expérience d'équipes de spécialistes. Une telle façon de faire n'exige pas de la part du professeur un niveau très élevé de compétence en matière de rénovation pédagogique et de mise au point des programmes, et elle a été appliquée dans quelques opérations de ce genre. Toutefois, son succès dépend des experts régionaux ayant un contact étroit avec les établissements scolaires.

L'avantage du concours des maîtres

Ces opérations de rénovation pédagogique faisant intervenir les enseignants nécessitent les mêmes moyens que les projets de mise au point des programmes, bien qu'ils puissent être moins complexes. Il s'agit essentiellement des moyens de reproduction (dactylographie, multigraphie, impression, etc.), d'illustration (dessins, moyens audio-visuels, etc.), des installations de laboratoire et d'atelier en vue de la production de modèles, de préparations microscopiques, d'appareils, etc. ; il s'agit enfin de la fourniture d'organismes vivants. Ces moyens peuvent être disponibles dans un centre de formation d'enseignants ou encore être communs à plusieurs écoles. Dans ce dernier cas, les enseignants d'une école peuvent se spécialiser ; un établissement pourra être responsable de l'illustration, un autre des élevages, etc. On peut ainsi parvenir à un meilleur partage des moyens disponibles. Une aide technique et de secrétariat est indispensable.

On peut aussi aider cette rénovation pédagogique par ce qu'on pourrait appeler une "banque d'idées". C'est le regroupement de dossiers de questions-tests et de réponses, d'exercices pour la classe, de renseignements techniques pour l'équipement, les produits chimiques, etc. Une telle banque peut être mise en place au bout d'un certain temps, mais elle suppose un système efficace mais non nécessairement complexe de collecte, de conservation et de diffusion des données.

Lorsqu'on a introduit la rénovation pédagogique par les enseignants, il s'est avéré profitable d'avoir un personnel itinérant, qu'on a parfois désigné sous le terme d'"agents du changement", dont le rôle était de communiquer les idées d'un groupe d'enseignants à un autre, de récolter et de transmettre des informations à partir d'autres sources comme des revues spécialisées, des universités, des organismes internationaux, de stimuler les activités de rénovation pédagogique et, si nécessaire, de régler les problèmes administratifs ou autres qui pouvaient surgir. La valeur de ces agents dépend énormément de leurs qualités personnelles.

Dans certains pays, des conseillers pédagogiques et des inspecteurs jouent ce rôle, et, dans certains cas, les enseignants peuvent également le remplir à temps partiel. On peut également employer le personnel associé à un centre de formation des maîtres ou à des centres de documentation régionaux. L'expérience montre que, pour être efficace, un tel agent ne doit pas être trop lié à l'autorité pédagogique, ni à une structure administrative formelle. Le mieux serait qu'il s'agisse d'emploi temporaire, car il est alors plus facile de recruter de nouveaux agents, d'introduire de nouvelles idées et de maintenir l'enthousiasme. Ces agents peuvent faire le lien entre la recherche pédagogique et les enseignants. Il reste à décider s'ils doivent suivre l'opération de rénovation pédagogique et dans ce cas avoir un pouvoir d'inspection. Il est probable que cette tâche est mieux assurée par du personnel attaché à l'administration. Ces agents ont, semble-t-il, joué un rôle important dans la diffusion efficace de programmes nouveaux élaborés au niveau central et ainsi dans beaucoup de pays l'introduction des opérations de rénovation pédagogique avec les enseignants signifierait simplement une réorientation du travail des conseillers pédagogiques, des animateurs, plutôt que la formation d'un nouveau cadre d'agents.

Les relations entre la rénovation pédagogique faisant intervenir les enseignants et les systèmes d'examens nationaux

Il est douteux que de telles opérations de rénovation pédagogique puissent intervenir dans un système dominé par des examens très stricts. Toutefois, l'expérience acquise au Royaume-Uni à propos du certificat d'enseignement secondaire (Certificate of Secondary Education System) montre qu'il est possible de concilier un système d'examens nationaux et un programme de rénovation pédagogique faisant intervenir les enseignants (voir le chapitre "Evolution des moyens et des critères utilisés pour contrôler les résultats des étudiants"). Il existe trois modalités d'examens. Dans la première, c'est une commission d'examen qui élabore le programme et les examens. Dans la seconde, c'est l'école qui détermine le programme tandis que la commission réalise l'examen et, dans la troisième, une école décide à la fois du programme et des examens pour lesquels la commission joue un rôle d'arbitre. Les deuxième et troisième modalités offrent donc de grandes possibilités aux opérations de rénovation pédagogique réalisées avec le concours d'enseignants.

Le rôle des associations d'enseignants

Dans plusieurs pays, les associations scientifiques et celles des professeurs de biologie, grâce à leurs réunions et à leurs publications, grâce aussi à leurs liens avec les organismes nationaux et régionaux de rénovation pédagogique, peuvent jouer un rôle dans la diffusion de l'information concernant l'enseignement de la biologie et permettre ainsi à leurs membres de prendre part à l'élaboration des politiques de l'enseignement. Dans le cas des opérations de rénovation pédagogique faisant intervenir les enseignants, ces activités seraient plus directement profitables aux enseignants et peuvent être étendues. Ces associations peuvent aussi jouer un rôle dans la coordination et dans les activités d'inspection.

Les écoles pilotes

Dans quelques pays, on a choisi un petit nombre d'écoles pilotes pour le déroulement des opérations de rénovation pédagogique. On y emploie quelquefois des spécialistes de l'élaboration de nouveaux programmes mais, d'une manière générale, ce sont les enseignants qui sont les plus concernés. Il s'agit donc là d'un système économique à la fois en main-d'œuvre qualifiée et en moyens matériels. Il permet aussi une innovation radicale et profonde, mais contrôlée, en évitant le danger que les erreurs affectent une grande population scolaire. Ce système présente tout de même des inconvénients : une école pilote se trouve dans des conditions atypiques en ce sens qu'elle est traitée d'une manière particulière et qu'elle a des ressources supplémentaires ; le transfert de l'innovation d'une école pilote à une école normale peut de ce fait présenter des difficultés. Lorsque certaines écoles sont choisies comme écoles pilotes, cela peut retirer à d'autres écoles le goût de l'innovation. On a en effet constaté que dans plusieurs pays les écoles pilotes avaient tendance à s'isoler, la transmission de l'innovation vers les autres écoles devenant alors peu satisfaisante.

Le rôle des activités périscolaires

La combinaison des opérations de rénovation pédagogique avec des activités périscolaires représente un élément intéressant dans quelques pays. En effet, la visite de parcs zoologiques, de jardins botaniques, de centres de santé, de fermes, de réserves, etc., ont apporté à l'enseignement de la biologie un élément précieux et tout à fait approprié. Pour ces activités périscolaires, les enseignants travaillent avec du personnel appartenant à d'autres secteurs en vue de fabriquer les équipements nécessaires et d'imaginer les activités des élèves. La liaison avec les systèmes d'éducation des adultes et des parents peut aussi s'avérer utile.

Les opérations de rénovation pédagogique faisant intervenir les enseignants impliquent une meilleure réalisation des possibilités de l'enseignant et une utilisation plus efficace des ressources pédagogiques et communautaires. Elles permettent d'établir et d'étendre la collaboration entre les enseignants biologistes et d'autres groupes ayant une formation et des intérêts divers. Cela peut être en effet précieux lorsqu'il s'agit d'élargir la conception qu'ont les enseignants de leur travail et d'élever leur niveau professionnel.

Quelques réserves

Lorsqu'on discute les arguments en faveur des opérations de rénovation pédagogique faisant intervenir les enseignants, il est important de ne pas ignorer les avantages relatifs du type "centre-périphérie". En effet, ce dernier permet un meilleur usage des compétences, surtout lorsque les ressources sont limitées. Il est également plus indiqué lorsqu'il

s'agit de traiter de thèmes qui ne dépendent pas tellement des conditions locales (métabolisme, génétique) ; ce n'est pas le cas, au contraire, des études caractéristiques du milieu (écologie, santé, agriculture) pour lesquelles il est préférable d'opter pour le premier modèle. Dans le cas des opérations centralisées, une évaluation et une inspection systématique sont plus faciles et l'on peut arriver à une homogénéité relative du contenu et du niveau des cours, ce qui permet aux élèves de changer d'école sans grande difficulté.

Il semble donc qu'un pays ait intérêt à :

Mettre en place les conditions et les moyens nécessaires à une rénovation des programmes faisant appel à la participation des maîtres, afin de les faire contribuer davantage et de renforcer leurs capacités dans ce domaine, et ainsi de faire évoluer les cours dans leur contenu et leurs méthodes ;

Disposer d'un organisme de coordination et d'inspection des activités de réforme, qui aurait également pour tâche d'entreprendre de nouveaux projets nationaux lorsque le besoin s'en fait sentir.

Le bond vers les réformes

Toute méthode de rénovation des programmes exige, pour être efficace, la motivation de tous ceux qui la réalisent. On a déjà mentionné le bond considérable fait par les opérations de rénovation pédagogique des années soixante. Il s'agit probablement de l'un de leurs caractères les plus significatifs et d'une valeur profonde. Il s'explique en partie par les circonstances sociales particulières de l'époque mais, en outre, dans certaines activités qui connurent le succès, on peut déceler deux influences importantes dont il faut tenir compte quand on aborde le problème des projets futurs de rénovation pédagogique. La première de ces influences fut la volonté de remettre en cause certaines hypothèses, ce qui aboutit à reconnaître aux élèves et aux enseignants plus de possibilités qu'auparavant. La seconde fut la volonté d'assumer un rôle de direction et d'essayer de nouvelles idées de façon empirique. On avait alors foi dans les possibilités d'amélioration.

Au cours des dernières années, les doctrines en matière de rénovation pédagogique ont insisté sur les contraintes comme le manque de moyens, un enseignement peu efficace et les faibles aptitudes des élèves. Et l'on semble avoir moins de foi dans les possibilités d'amélioration.

Un problème essentiel est aujourd'hui dans beaucoup de pays celui de savoir si le bond en avant dans le domaine de la mise au point des programmes et de la rénovation pédagogique peut être obtenu dans le cadre des contraintes qui se sont établies. Il souligne la tâche capitale de ceux qui définissent les stratégies de la rénovation des programmes, c'est-à-dire en premier lieu de désigner les enseignants et les autres participants aux activités concernées afin qu'ils assument la direction et qu'ils en surmontent les difficultés réelles ou imaginaires.

Biologie, éducation et société

L'un des traits caractéristiques de l'évolution de l'enseignement de la biologie dans les années soixante a été, dans beaucoup de pays, la part importante (et souvent très efficace) prise par les chercheurs biologistes ayant peu d'expérience d'enseignement. On a alors estimé qu'il en résultait une diminution du rôle des éducateurs, et en particulier des enseignants. C'est seulement dans quelques pays, comme le Royaume-Uni, que ces derniers participaient de façon majoritaire à la réforme des années soixante. La tendance fut en partie renversée, par la suite, et il y a actuellement plus d'éducateurs que de biologistes ; le rôle de ces derniers n'est plus prépondérant tandis que celui des maîtres continue d'être mieux défini. Dans la plupart des pays, il est rare que le contenu de cet enseignement soit discuté par d'autres cercles que ceux des pédagogues et des biologistes, même si les conséquences sociales en sont considérables. Cela ne s'applique pas nécessairement à tous les pays, mais dans la plupart il ne semble pas qu'on ait réussi à réaliser une coopération efficace entre les représentants de trois domaines clés pour l'enseignement de la biologie, à savoir : la biologie, la pédagogie (y compris les enseignants) et la société. La réalisation d'une telle coopération représente un aspect capital de la rénovation des programmes, car ces trois secteurs doivent être représentés aux commissions qui déterminent les objectifs et le contenu de l'enseignement de la biologie. Il faudrait développer les programmes de formation permettant de choisir des animateurs efficaces parmi ceux qui possèdent une compétence dans ces trois secteurs.

La vitesse du changement

Il est bon de rappeler la citation suivante, qui fut souvent utilisée pour résumer l'urgence d'une évolution des programmes au cours des années soixante : "A la vitesse actuelle de progression de la recherche dans le monde occidental, j'évaluerai à une quinzaine d'années la durée d'un cycle de réforme en science. Ainsi, les connaissances acquises de façon classique par un diplômé en 1960 seront probablement largement périmées en 1968 et, en 1975, seront tout aussi dépassées que les notions d'humeurs corporelles, d'éther ou d'atome insécable " (Schwab, 1961).

On a de fait commis une erreur dans l'estimation de la vitesse du changement scientifique concernant l'enseignement. En 1975, la biologie apprise en 1960 est largement périmée. Assez paradoxalement, on a également commis l'erreur de ne pas prévoir l'importance des innovations dans les programmes d'enseignement de la biologie à la suite des changements d'ordre éducatif et social. Par exemple, l'allongement de la scolarité dans plusieurs pays et des formes plus complètes d'organisation scolaire ont conduit à imaginer une conception nouvelle des programmes, comprenant une part plus importante des méthodes individualisées d'acquisition des connaissances. C'est seulement vers la fin de cette période qu'on prit conscience de l'impact

des phénomènes biologiques, en particulier ceux relatifs à la biologie humaine.

Si l'on n'a pas correctement prévu le type de changement intéressant l'enseignement de la biologie, on a au moins prévu que le changement devait intervenir, et il convient d'en tirer les conséquences. La première est de se montrer plus prudent dans la prévision de la nature de changements futurs ; la seconde concerne la nécessité d'établir des systèmes efficaces permettant de suivre les changements scientifiques et sociaux, et de diffuser rapidement l'information aux responsables de la rénovation des programmes (y compris les enseignants), si l'on veut que l'enseignement de la biologie évolue en phase avec ces changements. Il convient d'ajouter deux mises en garde. Il ne faudrait pas croire que la vitesse du progrès scientifique ne s'accélérera pas à l'avenir, en se fondant sur le fait qu'elle a été moins grande durant les quinze dernières années qu'on ne pouvait s'y attendre. En fait, la recherche en biologie a encore des découvertes considérables à faire, notamment dans les domaines de la reproduction, du développement, de la biologie moléculaire, du comportement, de l'écologie et de la biotechnologie. Il est alors nécessaire de faire, de temps à autre, le point des connaissances scientifiques pour avoir un enseignement adapté aux problèmes du moment. Par exemple, durant les deux dernières décennies, on a eu tendance à réduire l'importance de la systématique dans les cours de biologie, car d'autres disciplines paraissaient plus nécessaires. Mais les thèmes relevant de la conservation des ressources naturelles ayant les faveurs du moment, il convient de reconsidérer la place de la systématique. D'autre part, on a pris conscience du fait que ce qu'un enfant apprend à l'école devrait lui servir, au moins en partie, au cours de sa vie d'adulte ; mais on sait que pendant cette période, une fraction de ses connaissances seront devenues périmées. Il est alors important qu'au niveau secondaire, la biologie soit traitée d'une façon ample plutôt que spécialisée. On devra également se garder d'introduire dans les programmes des modifications qui traduisent des modes temporaires, ou d'un intérêt provisoire, d'origine scientifique ou sociale.

Contenu, méthodes et attitudes

Les changements portant sur le contenu des cours de biologie et intervenus durant la dernière décennie ont présenté, dans de nombreux pays une remarquable similitude. Bien que l'importance de ces changements ait varié, ceux-ci ont concerné :

Une réduction du volume des informations de nature morphologique et taxinomique ;

Une plus grande importance accordée à la biochimie, à la biologie moléculaire, au comportement et à l'écologie ;

L'introduction de thèmes de contenu plus mathématique ;

L'introduction de thèmes, comme ceux de la génétique, destinés à un public scolaire plus vaste et souvent à un âge plus précoce que celui auquel on le conseillait auparavant.

Il y a sans doute au moins une raison à cette similitude des contenus des nouveaux cours de biologie : c'est le fait qu'on a souligné en biologie les thèmes de caractère universel, comme cela existe en sciences physiques ; la structure et les propriétés des composés chimiques, la théorie atomique et les lois de la thermodynamique sont universels. C'est également vrai pour la photosynthèse et la respiration, lorsqu'on les examine au niveau biochimique, mais même dans ce cas il ne faut pas sous-estimer la grande variation de structure et de fonction des organes responsables de ces deux fonctions chez les plantes et les animaux. En écologie, la variation est encore plus grande d'une région du globe à une autre. Mais la diversité des phénomènes biologiques est reconnue de plus en plus et elle commande une plus grande variété dans les programmes. On a porté aussi plus d'attention aux besoins des sociétés comme le montre l'introduction dans les programmes de sujets relatifs à l'environnement ainsi qu'au souci de relier les enseignements à la nature du développement social, économique et scientifique d'une nation. Ainsi, la biochimie peut être utile et intéressante dans les écoles d'un pays possédant des industries alimentaires et "biochimiques" importantes, la systématique serait plus appropriée là où la flore et la faune locales n'ont pas été encore convenablement étudiées, tandis que la biologie du milieu rural est importante là où l'agriculture occupe une grande place. Plus récemment on a pris conscience des liens de la biologie avec la psychologie, les sciences du comportement et les sciences humaines et ces relations s'ajoutèrent à celles existant avec les sciences physiques. L'environnement, l'écologie, les biologies humaine et sociale reçoivent aujourd'hui dans les programmes autant d'attention que les thèmes de biochimie et de physiologie. Le contenu des enseignements et les méthodes d'étude ont été influencés par la prise en considération de l'importance qu'il y avait à transmettre aux élèves la méthodologie de la recherche scientifique. Il s'est agi de changements dans le contenu, lorsque, par exemple, on a introduit des aspects de l'histoire de la biologie ; des activités de recherche, à la fois intellectuelles et pratiques, et d'une action en faveur de méthodes d'enseignement et d'acquisition des connaissances plus libérales et plus ouvertes, suscitant la réflexion critique, les attitudes de recherche et l'intérêt. Plus récemment, on a étendu cette méthode d'étude tournée vers la recherche ou la découverte, pour embrasser à la fois la recherche scientifique et les formes de solution des problèmes, en s'intéressant aux domaines de la santé, de l'environnement, de la démographie et à d'autres thèmes de nature biosociale, lesquels font intervenir un niveau élevé de jugement de valeur (y compris une éthique), une évaluation probabiliste et la considération de priorités dans la prise de décision.

Au même moment, et paradoxalement, la nature de cette recherche scientifique traduite dans les nouveaux enseignements, a été critiquée pour deux raisons : la première est qu'elle donnait une vision de la science trop formelle et trop logique et qu'elle n'insistait pas assez sur les aspects de création, d'intuition et de pragmatisme de la découverte scientifique ; la seconde était que les cours insistaient trop sur le type de recherche employé dans les

sciences physiques et accordaient moins de prix au mode de pensée, en ce qui concerne particulièrement les études sociales, de comportement et d'évolution, dans lesquelles l'expérimentation contrôlée était moins appropriée, les phénomènes plus complexes et les questions relatives à la fonction, à l'origine et au développement étaient d'un ordre différent.

A ce stade donc, on a envisagé un enseignement et une acquisition des connaissances tournés vers la recherche et la découverte. Elle est liée à des propositions de mise au point de cours qui tendent délibérément à modifier les attitudes des élèves. En fait tous les enseignements le font implicitement et dans une certaine mesure, mais on n'a pas considéré jusqu'ici que cela devait donner lieu à une action délibérée, car cette tâche était jugée trop difficile, hors de propos, ou encore parce qu'elle posait des problèmes délicats sur les plans éthique et politique. Toutefois, en raison des rapports des études biologiques avec les sciences humaines, il s'agit là d'un sujet de la plus grande importance pour l'élaboration des futurs programmes d'enseignement, notamment en relation avec des sujets comme la race, la limitation des naissances, la sexualité, la santé, la conservation et l'agriculture. Cette idée est également en rapport avec l'image qu'on se fait de la biologie. En effet, la biologie n'est-elle pas aujourd'hui trop considérée comme une science intellectuelle et pas assez comme une activité dans laquelle il est respectable " de se salir les mains "?

Il est important de remarquer que presque toujours l'introduction de nouvelles méthodes dans les programmes scolaires a été beaucoup plus difficile que les modifications apportées au contenu de ces programmes.

L'élaboration de nouveaux programmes de biologie est aujourd'hui une tâche beaucoup plus complexe qu'il y a une quinzaine d'années et son champ d'action s'est largement étendu. On note un double besoin : celui de modifier la nature des cours de biologie en y incorporant plus de connaissances et de méthodologie ; et aussi de lui consacrer plus d'heures dans les emplois du temps scolaires.

Structure des cours

Dans les années soixante, un autre point a été négligé quand on a essayé de voir ce qu'allait devenir l'enseignement de la biologie : on a supposé implicitement que la biologie avait uniformément changé. En réalité, certains domaines de la discipline ainsi que des aspects intéressant l'individu et la société sont bien établis et ne changeront probablement pas d'une façon importante : c'est le cas des éléments fondamentaux de la biologie humaine. Cela contraste avec les domaines auxquels on a déjà fait référence et où les changements sont inévitables.

Une tâche importante sera de distinguer dans les programmes les éléments susceptibles de changer et ceux au contraire qui sont plus stables. Pour les seconds, il s'agira lors de la réalisation des cours d'insister sur la recherche de méthodes efficaces d'enseignement et d'acquisition des connaissances, tandis que pour les premières, le processus devra être plus pragmatique. Si l'on pousse plus loin l'examen de cette question, il faudra faire d'autres distinctions entre les divers éléments de l'enseignement de la biologie. Par exemple, distinguer entre ceux directement utiles aux élèves en tant qu'individus, ceux utiles aux futurs citoyens et ceux nécessaires à des professions faisant appel à la biologie. Une telle analyse a été faite partiellement et l'on a pu conclure, entre autres, qu'au niveau de l'enseignement secondaire, il y avait peu de différences entre les besoins des futurs biologistes et ceux des autres élèves. Toutefois, cette analyse ne s'est pas faite en général sur un programme couvrant toute la durée de la vie scolaire.

Si l'on continue à mettre en doute la valeur d'une rénovation des programmes couvrant des cours complets, comme cela est en train de se produire dans plusieurs pays, on est conduit à considérer aussi de nouvelles structures des cours. Doit-on utiliser une structure modulaire de petites unités autonomes ? Quelles méthodes peut-on utiliser pour personnaliser l'acquisition des connaissances afin de tenir compte de la grande variété des aptitudes, de l'expérience et de l'intérêt des élèves ? Doit-on se tourner vers les activités périscolaires comme les musées, les parcs zoologiques, les activités de terrain et les activités communautaires pour accroître l'efficacité de l'enseignement de la biologie ? Quels sont les liens de la biologie avec d'autres domaines ? Il existe dans plusieurs pays des indices d'une réflexion fondamentale en vue de repenser le type de structure de cours applicable à l'enseignement de la discipline.

Quelle que soit la structure de cours la plus appropriée pour l'enseignement de la biologie, leur place dans l'emploi du temps scolaire aura une influence importante sur leur utilisation. Cette place de la biologie dans l'emploi du temps des élèves varie à travers le monde. Cet enseignement peut exister sous forme d'un cours pendant une ou plusieurs années ; on peut lui consacrer entre une et dix séances d'enseignement par semaine. On peut alors se demander quelle est la modalité la plus appropriée. L'une des modalités, rarement appliquée, mais qui serait peut-être très utile, serait de bloquer un enseignement continu sur une certaine période, par exemple trois semaines. C'est le cas, par exemple, lorsqu'il s'agit d'excursions sur le terrain. Pourrait-on l'utiliser à l'école même ? Des sujets comme la biologie nécessitent, dans une certaine mesure, des études à long terme, en particulier pour l'écologie et les sciences du comportement qui ont en plus un caractère saisonnier ; cela s'applique également aux travaux pratiques. Actuellement l'emploi du temps est généralement dominé par les mathématiques et les langues. Si un progrès doit être fait dans l'enseignement de la biologie, il est nécessaire de reconsidérer l'équilibre entre les matières.

Modes d'enseignement et d'acquisition des connaissances

Au cours des deux dernières décennies, on a enregistré des recherches nombreuses et des innovations portant sur les méthodes d'enseignement et d'acquisition des connaissances (voir le chapitre sur la compréhension des processus d'apprentissage et l'efficacité des méthodes d'enseignement).

Leur influence sur l'élaboration des nouveaux programmes mérite qu'on les examine d'une manière générale. Dans le tableau suivant, on a résumé quelques différences entre les méthodes d'enseignement et d'acquisition des connaissances en 1950 et en 1970 :

1950	*1970*
Cours très structurés et très cohérents.	Cours moins stricts et plus adaptables.
Cours linéaires ou cycliques.	Cours modulaires.
Travail dont le rythme est déterminé par le maître.	Travail dont le rythme est déterminé par la classe.
Les élèves travaillent comme une classe sur des tâches particulières.	Les élèves travaillent seuls ou en groupe sur des tâches diverses.
Le professeur fait son enseignement et la classe écoute.	Le maître et la classe discutent.
Acquisition des connaissances par voie orale.	Acquisition des connaissances par la pratique.
Enseignement surtout en rapport avec la théorie.	Enseignement aussi préoccupé de théorie que de pratique.
Exercices pratiques pour vérifier les informations théoriques.	Travaux pratiques fondés sur la méthode de la découverte.
Le manuel joue un rôle essentiel.	Utilisation d'autres moyens d'apprentissage et d'acquisition des connaissances (radio, télévision, petit ordinateur, etc.).
	Utilisation de modèles, de jeux et d'opérations de simulation pour développer la compréhension et l'intelligence.
	Utilisation de problèmes élaborés à partir de données bibliographiques. Activités autonomes, par exemple travail sur un projet.

Cette liste n'est pas nécessairement exhaustive et ne s'applique pas à tous les pays. En outre, il ne faudrait pas croire que les méthodes des années cinquante aient complètement disparu en 1970. En fait l'enseignement de la biologie est probablement encore aujourd'hui très voisin de ce qu'il était dans les années cinquante. Cette liste illustre surtout l'éventail des méthodes d'enseignement et d'acquisition des connaissances qui sont aujourd'hui utilisées.

Il est donc nécessaire de disposer de plusieurs méthodes d'enseignement et d'acquisition des connaissances pour la mise au point et l'élaboration future des programmes d'enseignement de biologie. Il ne serait pas réaliste de se demander si les méthodes des années soixante-dix doivent remplacer celles qui étaient en vigueur auparavant, mais plutôt de voir celles qui, dans les deux périodes, restent encore utiles et satisfaisantes.

Les facteurs nécessaires à un équilibre entre les méthodes d'enseignement et d'acquisition des connaissances au sein d'un cours sont les suivants :

L'adaptation des méthodes à des thèmes particuliers ; par exemple, des exercices utilisant des données bibliographiques sont souhaitables lorsqu'on traite de thèmes pour lesquels le travail pratique est impossible mais pour lesquels l'objectif est de comprendre comment se fait la recherche dans le domaine concerné.

La nécessité pour les élèves d'être capables de poursuivre des études hors de la classe ou du laboratoire ; à cet égard, le manuel peut être utile, car il est transportable, il peut être utilisé à tout moment et il permet à l'acquisition des connaissances de se faire au rythme du lecteur ; des textes à lecture programmée représentent des versions plus perfectionnées qu'un manuel et ont une valeur semblable.

La nécessité d'une variété dans les méthodes afin de stimuler l'intérêt des élèves ; comme les élèves présentent une certaine diversité dans leur façon de comprendre les choses, il est utile de leur fournir des moyens différents d'étudier les thèmes concernés.

La nécessité d'adapter les moyens d'enseignement et d'acquisition des connaissances à la personnalité des enseignants. La recherche et l'expérience montrent que si l'introduction de nouveaux matériaux peut modifier les stratégies d'enseignement et la manière dont les enseignants utilisent le matériel et les techniques disponibles, il est rare que le style de l'enseignant soit affecté (on entend par style d'enseignement, le comportement individuel qui traduit la personnalité et les rapports avec les élèves). En conséquence, on peut penser que les cours élaborés et les techniques d'enseignement proposées doivent être assez souples pour s'harmoniser avec un grand nombre de styles d'enseignement, et cela pour en tirer le plus grand bénéfice possible.

Le coût de l'efficacité des méthodes. Cet aspect est particulièrement important lorsqu'on utilise un équipement coûteux, que les coûts d'entretien sont élevés. Dans la plupart des pays, pour juger de la valeur d'une nouvelle méthode coûteuse, on cherche à voir si elle atteint son objectif pédagogique mieux que les méthodes moins chères et, si tel est le cas, de voir dans quelle mesure la réalisation de cet objectif est matériellement justifiée.

Place de la biologie dans l'ensemble du programme scolaire

Dans les établissements secondaires de la plupart des pays, ce n'est que dans les dernières années de la scolarité que la biologie existe comme une discipline distincte ; par la suite elle a été matière à option. Dans les années antérieures, les thèmes biologiques sont traités avec d'autres disciplines scientifiques (agriculture, études rurales, sciences du milieu, l'accent étant mis sur les sciences physiques ou sur les sciences géographiques et humaines, éducation sanitaire, études sociales). Il existe également une tendance (assez limitée, il est vrai) à introduire un enseignement scientifique intégré et des études du milieu naturel et humain dans les classes supérieures, ce qui entraîne l'élimination de la biologie en tant que telle mais aussi l'introduction d'autres aspects de cette science, par exemple la biologie humaine et la biologie sociale. L'élargissement de l'enseignement de la biologie, auquel il était fait allusion plus haut, s'est fait à un moment où l'on a estimé que l'intégration présentait un

certain nombre d'avantages pédagogiques. Il en résulte une situation conflictuelle qui nécessite une solution. On est ainsi ramené au problème fondamental : celui du rôle de la biologie dans l'enseignement secondaire. La réponse à cette question est indispensable pour donner un cadre adéquat à l'élaboration de nouveaux programmes. Le premier chapitre ("Evolution des buts et des objectifs de l'enseignement de la biologie") consacre à cet aspect une place importante et les remarques suivantes sont soumises à la réflexion sur ce sujet.

La biologie est-elle une discipline scientifique unique avec sa cohérence propre, une structure logique intégrale et une méthodologie appropriée ?

La biologie est-elle un amalgame de disciplines scientifiques voisines, comme la biochimie, la génétique, l'écologie, ayant chacune sa structure logique cohérente et sa méthodologie particulière, mais qu'on associe facilement dans le programme scolaire en un seul domaine ?

La biologie, conçue comme l'étude de la vie, est-elle un thème d'étude englobant un éventail de sujets comme les sciences physiques et humaines en même temps que certains aspects des humanités, qui ne sont pas nécessairement associés pour constituer un tout cohérent, mais qui peuvent être reliés dans un vaste champ de la connaissance ?

Une distinction doit être faite entre les sujets faisant partie de l'enseignement de la biologie et ceux qui le soutiennent. La chimie et les mathématiques sont des exemples de sciences supports (les sciences physiques interviennent en fait assez peu dans l'enseignement scolaire de la biologie). Doit-on traiter ces domaines séparément ou les insérer dans un cours de biologie ? Un plus grand degré de coordination serait très précieux à cet égard. Toutefois il n'est pas simple de s'assurer que les études de sujets communs à plusieurs domaines de la connaissance coïncident avec l'emploi du temps des élèves.

La biologie à l'école doit être considérée comme le champ de la connaissance détaillée du monde vivant, y compris les êtres humains. Elle doit être en rapport avec les besoins de la société et des individus et elle devrait mettre en évidence la fragilité de la biosphère. Pour satisfaire aux conséquences d'une telle définition, l'enseignement de la biologie doit avoir une part plus importante dans le programme scolaire et, à cet effet, l'équilibre des disciplines dans les emplois du temps doit être revu.

Résumé et recommandations

Dans le passé, peu d'opérations de rénovation des programmes d'enseignement de la biologie furent réellement endémiques. Elles dépendaient en effet de la diffusion internationale des idées et des matériaux à partir de quelques pays industrialisés. Une telle diffusion peut encore intervenir, mais il est probable qu'elle intéressera des projets auxquels les pays participeront d'une façon moins inégale. La coopération régionale en matière de rénovation des programmes présente des avantages évidents, surtout pour les pays aux ressources limitées. On doit cependant réaliser une étude sur les activités coopératives régionales actuelles et passées en vue de fournir des indications utiles à toute organisation future d'activités analogues. Les deux modèles d'élaboration de nouveaux programmes ("centre-périphérie" et "recherche-réalisation-diffusion") présentent des insuffisances, surtout s'il s'agit de la pénétration satisfaisante des innovations dans les écoles. Ces modèles ne peuvent satisfaire tous les besoins d'un pays en matière de rénovation des programmes. Il reste à revoir le rôle exact des maîtres dans ce domaine et c'est là un aspect capital. On devra essayer des schémas de rénovation auxquels les maîtres participent en rapport avec des centres de documentation locaux ou régionaux. En outre, il paraît très utile qu'un organisme national se charge de la coordination et de l'inspection de ces activités ; il devrait aussi avoir la possibilité d'entreprendre des opérations de rénovation pédagogique sur le plan national. Les associations professionnelles scientifiques et celles des enseignants de biologie ont un rôle important à jouer dans de telles activités. Les commissions responsables de la définition des objectifs et du contenu de l'enseignement de la biologie comprennent rarement des membres compétents en biologie, en pédagogie (y compris des maîtres) et d'autres connaissent les besoins de leur société.

Les prévisions faites dans le passé à propos du progrès scientifique et sa vitesse ainsi que de ses conséquences sur l'enseignement de la biologie ont été souvent inexactes. Il est donc nécessaire de mettre au point des systèmes efficaces permettant de suivre les évolutions sur le plan scientifique et social et pour diffuser rapidement l'information aux responsables de l'élaboration des nouveaux programmes, y compris les enseignants.

La tâche de l'enseignement de la biologie est actuellement plus complexe que dans le passé ; son domaine s'est largement étendu, puisqu'il comprend non seulement des relations avec les sciences mathématiques et physiques, mais encore avec les sciences humaines et les sciences du comportement. Les responsabilités accrues de la biologie dans le domaine social auront des conséquences importantes sur la rénovation des programmes. Cette discipline et son enseignement sont en effet étroitement liés à la santé, la nutrition, la démographie, l'environnement et à d'autres sujets, ce qui implique des jugements de valeur, des considérations esthétiques et éthiques ainsi que des méthodes d'étude scientifiques.

Au niveau de l'enseignement secondaire, on devrait avoir une approche générale plutôt que spécialisée de la biologie. Il faudrait analyser la nature et les méthodes de l'enseignement par la découverte, dans le cadre de cette conception élargie du contenu de la biologie, dans des cultures et des milieux différents. Une autre tâche importante est aussi de distinguer entre les éléments relativement stables du programme et ceux plus susceptibles de changer, de manière à en tenir compte dans la recherche et l'action futures. Il semble nécessaire de considérer l'enseignement de la biologie comme englobant plusieurs types d'activités au sein de l'école, dans le milieu local et dans d'autres

régions. Il devrait couvrir l'ensemble de la période scolaire d'une jeune personne. Des recherches sont indispensables pour déterminer les structures des cours les plus satisfaisantes dans ce contexte élargi. Parallèlement il conviendra de revoir les besoins de la biologie dans l'emploi du temps général des élèves.

Les principaux facteurs qui permettent de choisir les méthodes d'enseignement et d'acquisition des connaissances en usage dans les cours de biologie sont les suivants :

L'adaptation des méthodes à chaque groupe d'étudiants ;

La nécessité pour les étudiants de pouvoir poursuivre les études hors de l'école et dans le cadre de celle-ci ;

La possibilité de stimuler l'intérêt des étudiants et de les aider dans leur apprentissage ;

La souplesse des méthodes permettant de s'accommoder d'une diversité des styles d'enseignement ;

Le coût de l'efficacité des méthodes.

La biologie à l'école doit être considérée comme le champ de la connaissance détaillée du monde vivant, y compris les êtres humains. Pour jouer son rôle dans l'enseignement, elle doit occuper une place plus grande dans le programme scolaire.

Bibliographie

Arab League Educational, Cultural and Scientific Organization. *Outline plan for syllabus in biology for Arab secondary schools.* Le Caire, ALECSO, 1974. (Nouveau programme de biologie.)

Baez, A. V. *Improving the teaching of science with particular reference to developing countries.* Advisory Committee on the Application of Science and Technology to Development (ERIC report ED 033 050). Bethesda, Md, ERIC Document Reproduction Service, 1967. (La science dans les pays en voie de développement.)

Beeson, G. W. ; Gunstone, R. F. The teacher's role in curriculum decisions. *The Australian science teacher's journal,* vol. 21, nº 1, 1975, p. 5-19. (Résultats d'une enquête dans l'Etat de Victoria.)

Biological Sciences Curriculum Study (BSCS). Adaptation projects around the world. *Newsletter,* vol. 47, 1972, p. 2-19.

Campan, F. Pour l'enseignement des sciences naturelles en Tunisie. *New trends in biology teaching / Nouvelles tendances de l'enseignement de la biologie,* vol. 1, 1967, p. 171-185. (Enquête sur l'enseignement des sciences naturelles dans les lycées et les collèges de Tunisie. Extrait d'un rapport.)

Cave, R. G. *An introduction to curriculum development.* Londres, Ward Lock Educational, 1971. (A trait en particulier au travail des centres de développement des programmes d'études régionaux sur la base de l'expérience du Royaume-Uni.)

Centre for Education Research and Innovation. *Case studies of educational innovation.* Vol. 1, *At the central level* ; vol. 2, *At the regional level* ; vol. 3, *At the school level* ; vol. 4, *Strategies of innovation in education.* Paris, OCDE, 1973. (Examen d'innovations aux niveaux divers du système d'éducation.)

Clarke, R. A. ; Cruickshank, G. ; Haddow, J. F. ; Sloss, A. H. ; Taylor, D. G. *Biology in Scottish secondary schools 1973/74.* Dundee, College of Education, 1974. (Rapport sur une enquête portant sur la situation actuelle de la biologie dans les écoles.)

Conseil de l'Europe. *Etudes des programmes européens.* Nº 3 : *Biologie.* Strasbourg, Conseil de la coopération culturelle, 1972. (Analyse des cours scolaires de biologie dans les pays d'Europe.) [Epuisé].

Crusz, H. The CAAS school biology project. *First Asian Regional Conference on School Biology,* décembre 1966, p. 76-99. (L'évolution à Sri Lanka.)

Cunningham, J. D. New developments in elementary school biology. *American biology teacher,* vol. 28, nº 3, 1966, p. 193-198. (Bref compte rendu de certains aspects du développement aux Etats-Unis: étude de l'amélioration du programme d'enseignement scientifique, étude des sciences au niveau élémentaire, projet scientifique à l'école élémentaire.)

Davey, T. Problems and developments in the teaching of biology in Malaysian schools. *Journal of biological education,* vol. 6, 1972, p. 93-97. (L'évolution de nouveaux programmes d'enseignement de la biologie en Malaisie.)

Doraiswami, S. The new biology syllabus in India for middle and senior high school. *Journal of biological education,* vol. 4, 1970, p. 11-17. (Profil des cours donnés par le National Council for Educational Research and Training.)

Dowdeswell, W. H. The Nuffield Foundation Science Teaching Project 1 : Biology 11-16. *School science review,* vol. 48, nº 165, 1967, p. 323-331. (Examen du projet.)

Ewer, D. W. A-level biology in West Africa : a new syllabus. *Journal of biological education,* vol. 3, 1969, p. 271-282. (Elaboration d'un programme d'enseignement nouveau pour les anglophones des pays de l'Afrique occidentale.)

Fuller, W. (ed). *The social impact of modern biology.* Londres, Routledge and Kegan Paul, 1970. (Discussion très large sur l'impact de la biologie menée par des experts en différentes disciplines.)

Grobman, A. B. *The changing classroom : the role of the biological sciences curriculum study.* New York, Doubleday, 1969.

Howson, G. (ed). *Developing a new curriculum.* Londres, Heinemann, Educational Books. (Examine les méthodes de développement dans différents pays et dans des domaines divers.)

Johri, B. M. ; Lal, M. Biology in Indian high schools. *School science,* vol. 5, 1967, p. 1-16. (Situation actuelle et propositions de réformes.)

Kelly, P. J. Implications of Nuffield A-level biological science. *School science review,* vol. 52, nº 179, 1970. (Résultats du projet sur l'enseignement de la biologie à des élèves de 16 à 18 ans.)

—— ; Dowdeswell, W. H. Nuffield A-level biological science project. *Journal of biological education,* vol. 4, 1970, p. 251-260. (Description du projet.)

Lecoq, L. Biology teaching in secondary schools in France. *Journal of biological education,* vol. 3, 1969, p. 37-44. (Profil du contenu et de la nature des cours scolaires.)

Lockard, J. D. *Science and mathematics curricular developments internationally* (1956-1974). Maryland, Science Teaching Center, University of Maryland, 1975. (Un " survol " de l'évolution des programmes pour les étudiants de plus de 18 ans.)

M'Bareck, C. *Mathematics for biologists.* A report of the Royal Society, Institute of Biology, Biological Education Committee Working Party on Mathematics for Biologists. *Journal of biological education,* vol. 7, 1974, p. 267-276. (Précise la nature des connaissances en mathématiques nécessaires à l'étude de la biologie, à ses niveaux différents.)

—— ; Sasson, A. Réflexions sur l'enseignement de la biologie humaine dans les établissements secondaires d'Afrique.

Morikawa, Hisao. Science education centers in Japan. *Second Asian Regional Conference on School Biology (Tokyo, August 1968)*, p. 99-110. Asian Association for Biology Education, 1968. (L'utilité des centres scientifiques.)
——. Biological education in Japan. *Journal of biological education*, vol. 3, 1969, p. 65-73. (Brève introduction générale.)
Moss, S. Biology curricula development in Malawi. *Journal of biological education*, vol. 8, 1974, p. 20-31. (Développement d'un nouveau programme d'enseignement national et son évaluation.)
OCDE. *New thinking in school biology : report on the OECD seminar on the reform of biology reaching* (4-14 September, 1962). Paris, OCDE, 1963 (épuisé). (La situation actuelle dans 20 pays. Réformes à opérer, rapports.)
——. *Guide pour l'innovation pédagogique.* Paris, OCDE, 1975. (Evolution d'un nouveau curriculum basé sur l'évolution du travail dans les écoles et les collèges.)
Odhiambo, T. R. The planning and teaching of science according to national needs. *Impact of science on society*, Paris, Unesco, vol. 23, n° 2, p. 100. (Les priorités de l'éducation scientifique dans les pays africains.)
Palm, W. Biology curricula of the secondary modern school (Volksschule), the Realschule and the grammar school (Gymnasium) in the Federal Republic of Germany. *Journal of biological education*, vol. 3, 1969, p. 1-10. (L'organisation scolaire et les programmes d'enseignement en biologie.)
Pora, E. A. L'enseignement biologique en Roumanie. *New trends in biology teaching*, vol. 1, 1967, p. 188-192.
Thomas, R. M. ; Sands, L. B. ; Brubaker, D. L. *Strategies for curriculum change.* Pennsylvania, International Yearbook Co., 1968. (Examine des exemples de changements dans les curriculums de 13 pays.)
Trotet, G. L'enseignement des sciences naturelles dans le second cycle. Les lycées et collèges du Maroc. *New trends in biology teaching*, vol. 1, 1967, p. 159-168.
Unesco. *New trends in biology teaching/Tendances nouvelles de l'enseignement de la biologie*, vol. 3 (Unesco), 1971, p. 157-167.
——. Regional Project for the Improvement of Science Education in Asia. *Regional meeting for science education improvement in Asia (20-28 November, 1972).* Tokyo, National Commission for Unesco, 1973. (Recommande que les cours modernes de biologie incluent les éléments de chimie et de physique nécessaires à la pleine compréhension des phénomènes biologiques.)
Vodicka, F. The present state and further prospects of the teaching of biology at basic nine-year and secondary schools in Czechoslovakia. *New trends in biology teaching*, vol. 1, 1967, p. 199-205. (La situation actuelle et les réformes.)

Évaluation et diffusion d'un curriculum

Évaluation

Introduction

Il n'y a pas d'enseignement sans évaluation. L'évaluation peut être implicite et non structurée et n'être qu'une simple réflexion sur le moyen le plus efficace de distinguer la mitose de la méiose ou sur le choix de la fleur permettant d'observer le plus facilement les étamines et les anthères. Au cours de l'enseignement on évalue toujours, que ce soit de façon consciente ou inconsciente, l'efficacité du transfert de l'information et la compréhension de l'élève. Si une technique marche particulièrement bien, on la note pour pouvoir s'y référer ultérieurement ; si elle ne marche pas une seconde fois, on la remet en question.

Un bon réalisateur de curriculum est sensible à l'information à la fois subtile et évidente que lui procure une classe ; il apprécie dans quelle mesure on a atteint les buts du curriculum et il introduit des corrections en fonction de ces résultats. Ce type d'évaluation a dû exister depuis le temps de l'homme des cavernes mais, plus récemment, on s'est tourné progressivement vers une évaluation planifiée et construite des programmes : pour essayer d'organiser et de codifier les mesures d'efficacité des curriculums et de fournir une structure dans laquelle on puisse recueillir des données d'évaluation plus précises, plus significatives et qu'on puisse transférer des travaux récents s'intéressent maintenant à de telles évaluations structurées [8,38] [1]. Il faut bien préciser qu'il ne s'agit là que d'un début et que l'utilité et la valeur de diverses techniques d'évaluation sont encore discutées.

Il ne s'agit pas ici de présenter la méthode d'évaluation, mais seulement d'informer le lecteur de l'état actuel de la question et de la grande variété des techniques utilisées. Le terme d'évaluation s'appliquera ici uniquement aux procédés permettant de déterminer l'impact d'un curriculum. Il ne s'agira pas du contrôle des résultats des élèves (voir le chapitre "Evolution des moyens et des critères utilisés pour contrôler les résultats des étudiants") ; il ne s'agira pas non plus de la conduite des opérations d'évaluation qui doivent accompagner tout schéma d'évaluation.

Évaluer les objectifs

Pour évaluer, il faut avoir quelque chose à mesurer et ce quelque chose, ce sont généralement les objectifs d'enseignement. Notre objectif est-il que l'élève apprenne le nom des différentes parties d'un appendice de l'écrevisse ? Que l'élève connaisse les faits sur lesquels sont fondées les théories de l'évolution ? Tout cela peut se mesurer. S'agit-il d'apprendre à l'élève à réfléchir et apprendre par lui-même ? C'est plus difficile à évaluer. Notre objectif est-il de produire des hommes et des femmes honnêtes, loyaux, ayant leur personnalité, courageux et capables de raisonner ? Il devient presque impossible de faire des mesures sur ce dernier point à cause d'un grand nombre de variables et d'interprétations qui interviennent pour un objectif aussi général.

Il est facile de mesurer si des objectifs simples ont été atteints, mais plus les objectifs sont vastes et touchent au domaine affectif, plus l'évaluation devient difficile. Mais il faut se préparer à évaluer les moyens qui permettent de faire naître chez les élèves "des aptitudes créatrices et à imaginer des techniques qui permettent d'apprécier l'ensemble de leur attitude et de leur personnalité de façon satisfaisante".

1. Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie à la fin de l'article.

Différents types d'évaluation

Evaluation intrinsèque

On peut employer de nombreuses formes d'évaluation. L'une d'elles, couramment utilisée, est l'évaluation du curriculum à partir de l'intérieur, en fonction des objectifs qu'il se proposait d'atteindre [14]. Normalement, cette évaluation intrinsèque ne met pas en cause les objectifs eux-mêmes, mais fournit seulement des indications : par exemple, le programme a permis d'inculquer à 70 % des élèves les noms des oiseaux communs dans une région donnée. Les objectifs peuvent être banals, mais on peut mesurer jusqu'à quel point ils ont été atteints. Ce type d'évaluation interne se fait en général en testant les élèves par des questions qui reflètent les objectifs du curriculum et elle donne une mesure de son efficacité. Mais il faut faire très attention aux variables qui interviennent ; le même programme enseigné dans des situations très variées, à des élèves représentant un vaste éventail, par un grand nombre de professeurs ne donnera pas de résultats identiques [37] à cause de nombreuses variables : l'âge de l'élève, sa formation scolaire antérieure, la formation du professeur dans sa discipline, son âge et son expérience, les moyens de l'école et le temps attribué au cours. On a montré que ces facteurs et des dizaines d'autres avaient une influence sur l'efficacité de l'enseignement [1]. Même les salaires des professeurs et leurs soucis extérieurs à la classe affectent les résultats de l'évaluation. Il ne faut donc pas confondre l'efficacité du curriculum, celle du professeur [43], la préparation de l'élève et l'une ou l'autre des nombreuses variables.

Il faut considérer un bon cours comme un bon outil dans les mains d'un bon ouvrier. Un vieux proverbe dit que "les mauvais ouvriers se plaignent de leurs outils". Souvent, on a changé les programmes là où une analyse de la situation aurait montré que le programme était bon, mais que c'étaient d'autres facteurs plus importants qui conduisaient à de mauvais résultats. Aucun curriculum, aussi bon soit-il, ne peut résoudre tous les problèmes de l'enseignement [13], mais tous les efforts doivent être faits pour arriver au meilleur curriculum possible de façon que les autres variables qui interviennent dans l'enseignement puissent être isolées et examinées.

Si les examens sont les instruments qui permettent de savoir dans quelle mesure les objectifs d'un curriculum ont été atteints, il faut bien évidemment que les examens tiennent compte des objectifs en cause. Pour cela, il est nécessaire de préparer un exposé détaillé des capacités et des connaissances exigées par les objectifs.

Klinchmann donne les résultats d'une telle analyse d'épreuve dans laquelle les capacités cognitives nécessaires à une compréhension des sciences biologiques ont été regroupées autour des quatre points suivants :

Rappel des connaissances acquises antérieurement ;

Application des connaissances à de nouvelles situations ;

Utilisation des savoir-faire impliqués dans la compréhension des problèmes scientifiques ;

Mise en évidence des relations entre différents domaines de connaissances.

Elle note plus loin qu'on peut faire éclater ces catégories en aptitudes plus spécifiques et qu'on peut classer les examens suivant qu'ils permettent ou non de mesurer ces différents points.

La figure 1 montre un tableau d'épreuves construit, d'une part, en tenant compte des quatre catégories, elles-mêmes subdivisées suivant la taxonomie de Bloom sur les objectifs d'enseignement [5], et, d'autre part, des principaux thèmes du curriculum inscrits en haut du tableau. Les nombres portés sont ceux des sujets de cet examen correspondant aux subdivisions concernées.

Il faut noter qu'aucun examen ne pourrait fournir des questions suffisamment représentatives pour couvrir les 234 cases du tableau et il ne faut pas l'envisager. Ce qui est important, c'est que l'utilisation d'une telle grille attire l'attention de ceux qui préparent les examens sur la nécessité de fournir une grande variété de questions sur une certaine période afin que la grille présente le minimum de blancs à la fin du cours. C'est avec un tel moyen de contrôle qu'on peut être sûr de déterminer convenablement si un curriculum est cohérent avec ses propres objectifs. Cette grille particulière concernait une partie donnée d'un cours avec des thèmes et des aptitudes cognitives déterminés. On pourrait construire de la même façon d'autres grilles à partir d'objectifs différents et d'autres aptitudes cognitives. Le point important n'est pas d'avoir ici la grille idéale, mais d'avoir un modèle qui permette de reconnaître et savoir quantitativement dans quelles mesures les buts du curriculum ont été atteints.

Comparaison des curriculums entre eux

Une question qu'on se pose fréquemment quand on introduit un nouveau curriculum ou un nouveau cours dans le système est la suivante : "le curriculum A est-il nettement meilleur que le curriculum B ?" De nouveau, il faut chercher la réponse à cette question dans le cadre des objectifs du curriculum. Mais il y a des chances pour que les systématiciens soient favorables à celui qui met l'accent sur la morphologie et la taxinomie, tandis que le généticien penchera pour celui qui donne de l'importance à la biochimie et aux mathématiques. Cependant, les curriculums des écoles ne sont pas supposés s'adresser spécifiquement ni aux systématiciens, ni aux généticiens, mais doivent être conçus de façon générale pour donner à l'élève des connaissances aussi fondamentales que possible sur la discipline. Le meilleur moyen pour évaluer quel est le "meilleur" de deux curriculums est de les confronter tous les deux avec des normes sur lesquelles on s'est mis d'accord au préalable. Chaque pays, chaque région, chaque système scolaire et, en dernier lieu, chaque professeur, ont des objectifs qu'ils considèrent comme importants ; le "meilleur" curriculum est, dans chaque cas, celui qui permet le mieux la réalisation de ces objectifs.

Les objectifs de l'enseignement varient à travers le monde ; dans certains pays, la préoccupation majeure est de faire disparaître l'analphabétisme, tandis que dans d'autres, il vise à l'application de technologie ésotérique. Au cours de

BSCS. Examen final général 1961-1962

A Rappel des connaissances acquises antérieurement B Application des connaissances à de nouvelles situations C Utilisation des savoir-faire impliqués dans la compréhension des problèmes scientifiques D Mise en évidence des relations entre différents domaines de connaissances	Évolution	Variabilité des types et unité du modèle	Continuité génétique	Complémentarité des organismes et de l'environnement	Origines biologiques du comportement	Complémentarité structure-fonction	Homéostasie et régulation	Histoire des sciences	Science = recherche	Total des sous-catégories	Total pour chaque catégorie
A. 1.1. Terminologie			1	1						2	
1.2. Faits spécifiques	2		2	1		4	2			11	
2.1. Conventions										0	
2.2. Tendances et séquences			1	1			2			4	
2.3. Classification et catégories										0	31
2.4. Critères									1	1	
2.5. Méthodologie			1							1	
3.1. Principes et généralisations	1					4				5	
3.2. Théories et structures	5							2		7	
B 1. Connaissances non quantitatives	1		3	1			2			7	
2. Données quantitatives					2					2	9
C. 1.1. Interprétation de données qualitatives	1									4	
1.2. Interprétation de données quantitatives	1						1		2	4	
2. Compréhension du rapport des connaissances avec le problème										0	
3. Choix et critique du plan d'expériences										0	10
4. Passage au crible d'hypothèses	1								1	2	
5. Reconnaissance des problèmes										0	
6. Reconnaître les aspects et les principes de la recherche										0	
7. Analyse de textes scientifiques										0	
D. 1. Comparaison										0	
2. Extrapolation										0	
3.1. Application à d'autres domaines de la biologie										0	
3.2. Application à d'autres domaines										0	0
4. Analyse des relations										0	
5. Relier faits et principes d'une nouvelle façon										0	
6. Mise en place d'un nouvel ensemble de concepts reliés entre eux											
Totaux	12	0	8	4	2	8	7	2	7		50

Fig. 1. Ce tableau d'épreuves fait la comparaison entre un curriculum type de biologie et des objectifs pédagogiques spécifiques. Il peut servir non seulement à évaluer l'étendue d'un examen donné, mais aussi à évaluer l'ampleur du curriculum. Plus le nombre de rubriques de la grille est important, plus il y a de chances qu'aient été atteints les objectifs cognitifs à des niveaux divers de difficulté.

l'évaluation des curriculums, il ne suffit pas de se préoccuper de l'individu et d'appliquer la maxime suivant laquelle il faut le prendre où il est pour le conduire à un niveau plus productif, mais il faut aussi prendre en considération les structures de la société dans laquelle est offert l'enseignement. Il est manifeste que les pays se soucient nettement de la préparation de curriculums qui mettent l'accent sur les domaines sociaux, scientifiques et humanistes de leurs propres sociétés et c'est dans ce cadre qu'apparaît pleinement l'originalité de la biologie par rapport aux autres sciences [39]. Dans le passé, on exportait des programmes depuis les régions tempérées dans le monde entier et on les utilisait pratiquement de la même façon dans les écoles des pays tropicaux que dans celles des régions tempérées. Ce n'est pas dramatique pour des disciplines comme les mathématiques, la physique ou la chimie, à cause de leur caractère universel et fondamental ; mais l'exportation des curriculums est une question bien plus délicate quand il s'agit de la biologie. Si la biologie comprend des questions fondamentales comme la théorie cellulaire, la mitose, la génétique et l'évolution, de portée universelle, elle a néanmoins une forte composante régionale, car elle s'intéresse à l'environnement d'un individu d'une façon très différente de celle de la chimie, de la physique ou des mathématiques. La flore et la faune diffèrent notablement dans les diverses régions du globe et les problèmes en rapport avec des biomes particuliers sont très variés. Il ne suffit pas de proposer l'étude des rouges-gorges, des chênes et des bouleaux dans la zone tempérée du monde et de compter que les élèves dans les régions tropicales s'y intéressent ! Du temps où l'on exportait les curriculums, aucune part n'était faite à la flore, à la faune, aux problèmes biologiques locaux particuliers : les élèves des régions tropicales étudiaient la jonquille et le sapin – alors qu'ils étaient entourés de bambous et de figuiers banians – et les rouges-gorges dans un environnement de mynas et de serpentaires.

Les objectifs de tels programmes ne pouvaient être évalués que par des examens exportés eux aussi, lesquels, en retour, demandaient souvent l'importation depuis les régions tempérées, des échantillons appropriés pour se conformer au programme et aux textes que l'élève apprenait ; dans ce cas, l'évaluation mesurait la capacité de l'élève à dominer un programme essentiellement étranger, sans chercher à apprécier la pertinence des connaissances ainsi maîtrisées. La situation était telle que l'élève était conduit inconsciemment à considérer que la biologie existait au Royaume-Uni, en France, en République fédérale d'Allemagne ou aux Etats-Unis, mais que son propre environnement était anormal ou tout au moins non biologique.

Pour ce qui est du "meilleur" curriculum, il faut donc que l'évaluation essaie de s'assurer que le curriculum en cours d'investigation reflète correctement les différences qui existent entre les cultures et dans l'organisation des systèmes scolaires, il doit tenir compte des buts différents des sociétés intéressées et de l'état particulier de développement de la région concernée. En bref, il faut de nouveaux instruments d'évaluation pour mesurer les nouveaux objectifs [28].

De façon générale, de "meilleurs" curriculums ont été produits grâce à la réalisation de documents pour le pays même, documents dont le but essentiel est d'expliquer l'environnement immédiat de l'élève, tout en rejetant tout matériel importé non approprié [40]. Non seulement on a introduit la flore et la faune locales dans les curriculums régionaux réalisés récemment, mais on a insisté beaucoup plus sur les problèmes régionaux [10]. Pour s'assurer convenablement du caractère régional du contenu des curriculums, il faut qu'il y ait contrôle de la part d'experts qualifiés. Les livres provenant des régions tempérées ignoraient tout des problèmes de santé comme la bilharziose, la fièvre jaune et le paludisme ; on en a introduit les faits essentiels dans les zones où cela était souhaitable pour permettre à l'élève de comprendre les problèmes sanitaires de sa propre région. Dans les livres nationaux, on a modifié également ce qui concerne les aspects agricoles : on y met maintenant l'accent sur l'économie de l'eau dans les régions désertiques, sur la neige en région montagneuse et sur le drainage dans les contrées de forte pluviosité. De telles considérations ont conduit à la production d'un matériel pédagogique qui tient compte à la fois de l'individu et de son environnement immédiat. L'évaluation de ces préoccupations pour ce qui est de l'agriculture et de la santé, de la compréhension de la flore et de la faune régionales [3], représente un premier pas vers la réalisation de documents conformes aux objectifs d'enseignement dans un domaine déterminé.

Les "meilleurs" curriculums ne s'appuieront pas seulement sur la connaissance de la flore et de la faune locales, mais aussi sur la compréhension des problèmes auxquels un pays est confronté et que la biologie peut contribuer à résoudre. Il est regrettable que de nombreux biologistes de métier à travers le monde n'abordent pas les problèmes de leur propre pays, mais ceux des pays qu'on dit les plus développés. Il est nécessaire de centrer les recherches sur les problèmes locaux, non seulement pour le développement de la région, mais aussi pour fournir le matériel nécessaire à l'enseignement [19] ; dans ce but, le Science Education Center de Rhodésie a nommé avec succès un responsable en matière de biologie scolaire, chargé de transposer certains aspects des travaux des biologistes locaux qu'il peut être particulièrement intéressant d'introduire dans les activités scolaires.

Pour parvenir à un "meilleur" curriculum, il convient aussi de tenir compte des modes en biologie : il est bien possible que la vogue actuelle de la biologie moléculaire, de la biologie quantitative, des mécanismes génétiques et d'autres sujets analogues ne contribue pas à la résolution des problèmes dans les régions où existe une telle pénurie d'ouvrages documentaires sur l'environnement et la systématique des organismes locaux [20].

Il faut évaluer un "meilleur" curriculum en fonction des objectifs d'enseignement établis par l'ensemble du système éducatif dans le pays concerné. De façon générale, les objectifs qu'il faut prendre en considération dans une évaluation, dans le cadre de la biologie, se répartissent en cinq catégories essentielles :

1. Préparation à un métier. Elle concerne les carrières dans des domaines comme la médecine, la chirurgie dentaire, l'enseignement et la recherche et demande une préparation spécifique en biologie qui est grandement déterminée par l'école professionnelle ou l'université où l'individu ira finalement. Aucun pays ne peut se permettre d'ignorer la nécessité de préparer des biologistes de métier qui travailleront pour la protection de l'environnement, la conservation de l'énergie, la santé et autres domaines fondamentaux nécessaires au bien-être de la nation. L'évaluation d'un "meilleur" curriculum doit donc préciser ce qui est prévu pour la préparation d'une partie des élèves en vue d'une profession à dominante biologique [9] ;

2. Les applications de la biologie. Il s'agit essentiellement de l'agriculture et des pêches et l'on a donné davantage d'importance à ces sujets dans les programmes scolaires [4,33]. Ici encore, le curriculum pour ceux qui s'engagent dans ces domaines est déterminé dans une large mesure par les activités agricoles et de pêche du pays concerné, lesquelles sont elles-mêmes fonction de l'environnement : les pays de monoculture procèdent de façon traditionnelle et les progrès qu'essaie de provoquer l'enseignement en faisant connaître de nouvelles techniques ou de nouvelles possibilités de cultures, doivent franchir l'obstacle des traditions : les résultats, dont l'évaluation doit mesurer l'efficacité, sont plus spectaculaires lorsqu'il s'agit d'améliorer la production de cultures déjà bien établies – par exemple, remplacer les variétés traditionnelles par le riz dit "miracle" – mais beaucoup plus difficiles si l'on essaie de susciter le passage de la riziculture à une céréaliculture à base de blé ou de maïs, par exemple. Il faut préparer le personnel en vue de telles actions et ce par un curriculum "meilleur" qui présentera une grande variété de techniques et de pratiques utilisées dans le monde entier, pour la production alimentaire. Certaines seront finalement introduites dans l'économie du pays concerné. Une évaluation conçue convenablement peut permettre de mesurer la portée de tels résultats intéressants.

3. Santé individuelle. La biologie peut beaucoup contribuer au bon état sanitaire de l'individu et de la société dans laquelle il vit, en particulier par le biais des questions d'hygiène et de santé. Les " meilleurs " curriculums doivent mettre l'accent sur une nutrition convenable, les soins corporels, la nécessité de certains types d'exercices et faire comprendre à chacun le fonctionnement de son propre corps et ses défaillances possibles. Un curriculum qui aborde ces questions doit comprendre des documents concernant les drogues, le tabac, l'alcool et les méthodes d'autodiagnostic permettant de détecter les signes prémonitoires de diverses maladies comme le cancer [41], ce qui substitue la science à la superstition et au charlatanisme. Des statistiques et des enquêtes sanitaires fournissent des données à partir desquelles on peut évaluer l'apport des nouveaux curriculums.

4. Jugements de valeur. Apprécier l'environnement et se préoccuper de sa conservation représentent un aspect de la biologie qu'on ignore souvent. Etre capable d'apprécier le potentiel biologique d'un pays est aussi important que de comprendre sa situation actuelle : par exemple, on ne tenterait jamais le reboisement d'une région si l'on ne pensait pas que cette région peut porter une forêt, on n'essaierait pas de réempoissonner les fleuves et les lacs sur une grande échelle si on ne savait pas qu'il y avait eu autrefois des poissons dans cette eau. Dans le monde de demain, il est indispensable de comprendre que l'air pur et l'eau claire peuvent être aussi importants que l'alimentation pour la survie de l'individu.

On commence dans les curriculums à s'efforcer de considérer les jugements de valeur comme des objectifs mesurables en biologie [9]. Il faut inclure la valeur esthétique d'un arbre, d'une fleur, d'un oiseau ou de l'herbe dans les éléments qui permettent une meilleure prise de conscience de l'environnement. Dans certaines cultures, comme au Japon, les jugements esthétiques ont atteint le niveau d'un grand art ; dans d'autres, cela n'a même pas été envisagé. L'évaluation est difficile dans le domaine des jugements de valeur, mais on peut mesurer à quel point l'individu est conscient de son environnement et constater l'effet des nouveaux programmes sur les changements observés dans ce domaine.

5. Résolution des problèmes. Les problèmes biologiques peuvent se poser à une échelle très locale, ou, au contraire, mondiale. Plus un problème biologique est limité à une région donnée, plus il est facile de lui trouver une solution. Des études montrent que le nombre des personnes sur la planète risque de dépasser, en fin de compte, la capacité de la terre, mais à cause de la répartition inégale des individus et des ressources naturelles, le problème de la population est déjà très aigu dans certaines régions. Bien qu'on puisse prescrire une approche globale du problème, la solution reste dans les mains des personnes qui se préoccupent du problème sur le plan local.

Une des fonctions du " meilleur " curriculum en biologie n'est pas seulement d'apporter aux élèves les techniques permettant de résoudre des problèmes [12], mais aussi d'attirer sur ces problèmes l'attention de ceux qui doivent les résoudre. Il n'y a pas de solution possible tant que les problèmes ne sont pas perçus. Le curriculum qui s'occupe de la solution d'un problème dont l'existence n'a pas été perçue est inefficace. Les tâches d'évaluation doivent s'attacher aux capacités à résoudre les problèmes et mesurer jusqu'à quel point des problèmes variés sont perçus après que les élèves aient été soumis à un curriculum conçu pour développer ces capacités et cette sensibilisation.

Ensuite, on peut faire des évaluations comparées de curriculums pour reconnaître celui qui est le plus efficace pour préparer les citoyens d'une région donnée à comprendre leurs problèmes biologiques et à leur trouver des solutions.

Evaluation de réflexion

Beaucoup considèrent cette évaluation de réflexion comme le début de l'évaluation formative, mais d'autres l'en séparent [7]. On peut dire que l'évaluation de réflexion est une activité préliminaire qui consiste à passer très tôt au crible les éléments du curriculum pour voir s'ils conviennent ou non. Cette évaluation de réflexion est subjective, car elle fait intervenir souvent une pensée intuitive qui peut servir à épurer des définitions et à affiner les critères qui permettent de décider ce qui sera inclus ou non dans un curriculum donné. Pour appliquer ces techniques de réflexion, il peut être commode d'utiliser une liste de contrôle ou une échelle de valeurs. En dégageant les questions cruciales qui se posent à propos de différentes composantes du curriculum et avec un effort de réflexion qui tienne compte de l'ensemble des faits connus, on peut améliorer la conception du curriculum final. L'intérêt de l'évaluation de réflexion est qu'elle oblige à réfléchir au fur et à mesure de la conception du programme, en utilisant jugement et expérience pour interpréter les faits, et ce, avant qu'on ait écrit quoi que ce soit.

Evaluation formative

La réalisation d'un curriculum prévoit généralement une période pendant laquelle le matériel expérimental est testé en classe : à ce moment, l'évaluation est formative par nature. Le but de cette évaluation formative est de fournir une évaluation continue des nombreux éléments du curriculum et d'utiliser l'information en retour pour corriger à la fois les méthodes d'approche et le matériel [15].

Les données de l'évaluation formative intéressent en premier chef l'équipe responsable de la réalisation du curriculum et l'organisme qui le soutient : ministère, fondation privée, système scolaire, etc. On accumule ces données en essayant sur le tas le matériel expérimental avec un échantillonnage varié des écoles pour lesquelles il est conçu. Cela suppose un plan d'organisation pour que participent à l'exercice les différentes régions culturelles et géographiques d'un pays aussi bien que les différents types d'écoles elles-mêmes : écoles pauvres, riches, écoles publiques, privées, écoles urbaines, de banlieue et rurales. A moins que le programme ne soit conçu pour un secteur donné de la population, plus

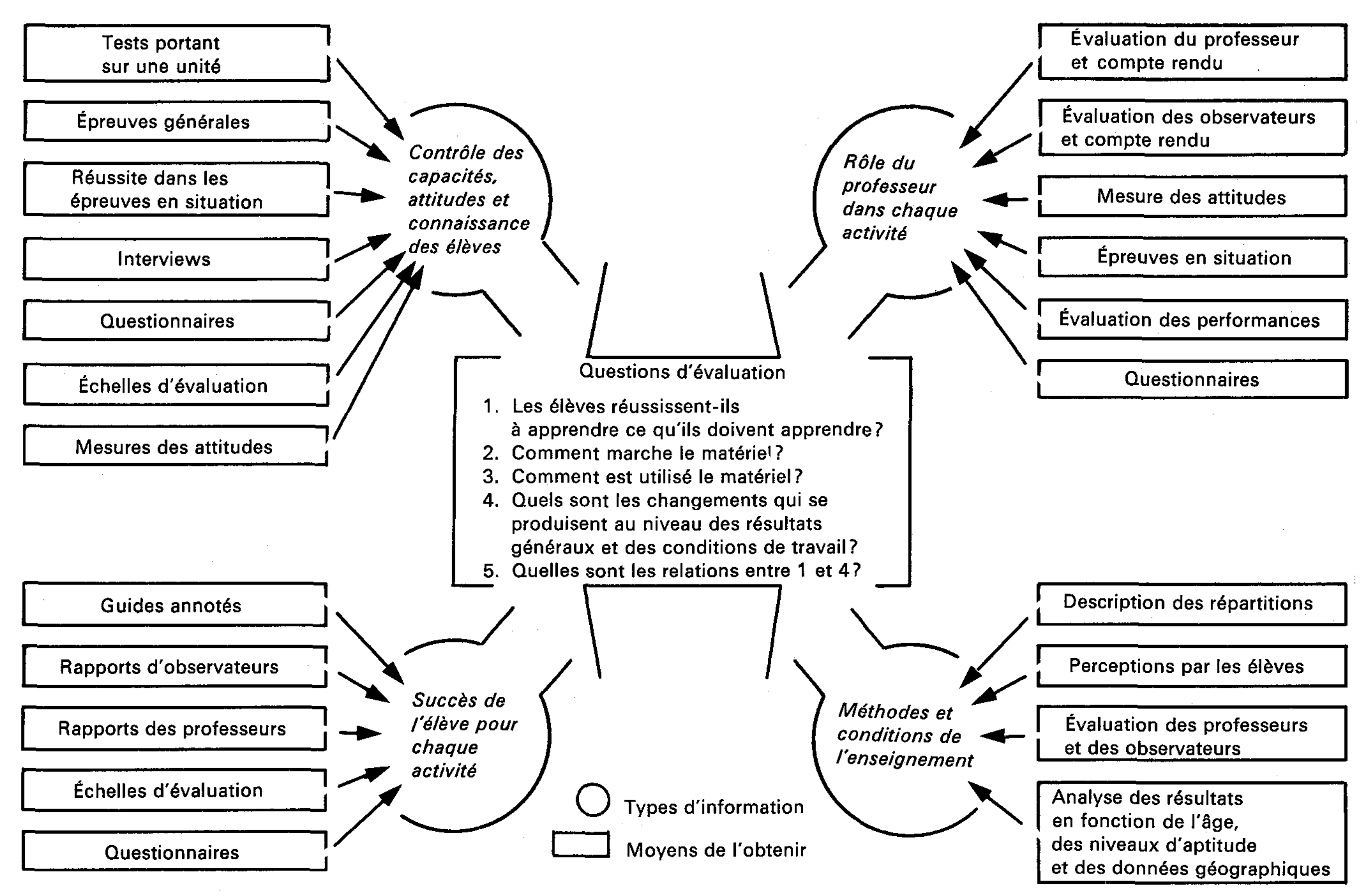


Fig. 2. Schéma d'évaluation recueillant les données. Les méthodes suivies pour réunir les données sont indiquées dans les rectangles. Dans les cercles figurent les types de renseignements que les données sont destinées à alimenter et le rectangle au centre comprend les questions en vue de l'évaluation auxquelles les données doivent répondre.

l'échantillon d'expérience est grand, plus les données obtenues permettront de changer à la fois le contenu et la pédagogie afin de s'adapter à une population aussi large que possible. C'est seulement dans les pays les plus riches qu'il est possible de préparer des documents pour des secteurs donnés de la population mais, dans la plupart des cas, les curriculums sont valables pour l'ensemble du pays, tant par leur étendue que par leur organisation générale. Pour donner un exemple d'évaluation utilisée dans la réalisation de programmes destinés à certains secteurs de la population [16], on peut citer les techniques d'évaluation formative concernant les programmes pour handicapés mentaux.

Un seul type d'évaluation ne permet pas de mesurer toutes les variables de l'enseignement et de l'apprentissage, mais il faut essayer d'en mesurer le plus possible. Le succès d'un tel effort dépend du budget, du temps, du personnel, de l'organisation et du type de questions posées. Si les finalités de l'évaluation ne sont pas axées sur les objectifs du curriculum, l'évaluation risque d'être de peu d'utilité. Le plan d'évaluation doit décrire les sources des données et les justifier, indiquer la méthodologie et les instruments à utiliser pour les obtenir. La figure 2 indique un schéma type pour recueillir les données : on a précisé les questions en vue d'une évaluation, et l'on a indiqué dans les cercles les différents renseignements nécessaires pour y répondre ; on a figuré dans les rectangles de chaque côté les moyens qui permettent de rassembler ces données. On peut recueillir ces données en vue de l'évaluation formative à différents stades, comme les études exploratoires préliminaires qui se prolongent jusqu'à l'enseignement pilote ou les contrôles sur le tas aprés réalisation de l'ensemble du projet.

Evaluation sommative

L'évaluation sommative comprend le regroupement et l'interprétation de données afin d'obtenir une estimation vaste et systématique d'un curriculum en cours de fonctionnement, après son achèvement et lorsqu'il est en usage dans les écoles [6]. Il n'y a pas toujours une différence bien tranchée entre évaluation formative et évaluation sommative et beaucoup de questions concernant l'évaluation formative s'appliquent à l'évaluation sommative. L'évaluation sommative souligne que la nécessité persiste d'une information qui permette de savoir comment et quand le matériel marche, quels sont ses points forts et ses faiblesses en fonction des préoccupations du projet. Ces données facilitent la révision des documents par la suite et aident à réaliser des matériels ou des programmes supplémentaires et à améliorer leur uti-

lisation. L'étude "longitudinale", celle d'une même population pendant un temps donné, permet de déterminer dans quelle mesure les apprentissages issus d'un programme ont été retenus et utilisés dans les années suivantes, ce qui est une épreuve cruciale pour tout programme.

Evaluation sensible

Si les évaluations formative et sommative sont incontestablement les premières utilisées dans la réalisation du programme, on les considère comme déterminées à l'avance, c'est-à-dire qu'elles supposent une prédétermination des buts. Il y a d'autres façons de considérer l'évaluation qui ne soient pas prédéterminées : l'une d'elles est l'évaluation sensible [36]. Elle se préoccupe plus directement des activités du curriculum que de ses intentions et répond aux besoins d'information des personnes intéressées de même qu'elle prend en considération les différents ensembles de valeurs mis en jeu.

Tandis que les tenants des évaluations sensibles indiquent que, elles aussi, exigent organisation et structure, ils se distinguent parce qu'ils proposent de considérer les objectifs, les hypothèses, les batteries de tests, les libellés des programmes, etc., non comme un point de référence pour l'évaluation mais comme des composantes qu'il convient d'évaluer. Il faut cependant préférer les évaluations prédéterminées à l'évaluation sensible quand il est nécessaire de savoir si certains buts ont bien été atteints ou s'il faut approfondir certaines hypothèses ou certains résultats. L'évaluation sensible a le défaut intrinsèque d'une subjectivité excessive et contribue à un type d'analyse plus circonstanciel et moins scientifique.

Evaluation "éclairante"

L'évaluation éclairante est un autre moyen suggéré par ceux qui considèrent qu'il faut d'autres techniques pour compléter ou remplacer les évaluations prédéterminées [32]. L'évaluation éclairante cherche moins à tester qu'à comprendre une innovation et à présenter une documentation à son sujet en étudiant non seulement ses résultats mais aussi son origine, son organisation, ses pratiques et ses problèmes. Elle suppose qu'on mette en place et qu'on réalise une étude détaillée, précise et sensible, avec un commentaire donnant interprétation et explication. Parmi les points faibles de ce type d'évaluation, on peut citer le manque d'objectivité, la possibilité de faire dévier la recherche et l'utilisation de techniques plus applicables dans le domaine des sciences humaines que dans celui des sciences expérimentales.

Nécessité d'une évaluation

Les techniques d'évaluation subissent elles-mêmes des changements. Au fur et à mesure qu'on souligne dans le monde la responsabilité de l'enseignement, des questions ont été posées et des curriculums ont été conçus pour y répondre. L'efficacité de ces réponses demande une évaluation. On peut discuter pour savoir si l'évaluation doit faire partie du projet lui-même ou venir de l'extérieur, avec des arguments dans les deux sens, mais plus que jamais, il paraît inacceptable d'introduire des changements pour le seul goût du changement et de préparer des programmes redondants sans objectifs, qui ne peuvent justifier leur valeur que par le seul usage. Dans les pays en développement en particulier, il est nécessaire de mettre l'accent davantage sur les aspects pratiques plutôt que théoriques, aussi bien pour des réalisations que pour l'évaluation. Il est assez difficile d'introduire des changements dans les programmes d'enseignement et ceux qui sont hostiles à de tels changements disent avec raison qu'ils ne sont pas justifiés. On voit les programmes changer constamment dans les écoles, mais seule une évaluation critique peut permettre de dire si ces programmes sont modifiés sans pour autant être nécessairement améliorés.

Si l'évaluation est fondamentale, il faut faire très attention au niveau de l'interprétation : des faits, on extrapole souvent beaucoup plus que ne le permettrait la situation décrite, et il faut être constamment vigilant quand on examine les résultats d'évaluation pour s'assurer qu'on a fait les contrôles qui convenaient et qu'on a pris en compte, ou tout au moins en considération, toutes les variables possibles. Certaines études d'évaluation sont suspectes, non seulement au niveau de la conception même de l'expérience, mais aussi dans le traitement des données : dans certains cas, les données brutes indiquaient une chose, mais elles ont été manipulées statistiquement pour montrer exactement le contraire ; à moins d'être familier des techniques statistiques, on prend les conclusions pour argent comptant sans étudier convenablement les mécanismes statistiques en cause. Aucun curriculum ne peut s'attribuer le mérite de la totalité des connaissances d'un élève sur un sujet, mais l'évaluation essaie de mesurer l'acquisition des connaissances du curriculum par l'élève, tout au long d'une série d'épreuves réalisées pendant le déroulement de ce curriculum. Ce type de mesures est plus difficile à faire pour les objectifs concernant le domaine affectif, car ils sont au mieux ténus et dépendent, pour une grande part, de l'interprétation qu'on en donne. On a besoin d'instruments d'évaluation plus efficaces qui permettent de savoir vraiment dans quelle mesure les buts d'un curriculum ont été atteints, à la fois dans les domaines cognitif et affectif, avant qu'on puisse recueillir des données en quantité suffisante pour confirmer ou infirmer bon nombre des affirmations concernant un curriculum donné.

Examens standardisés et évaluation

Le changement de programmes et leur évaluation sont parfois freinés par des examens standardisés ou des examens nationaux imposés dans de nombreuses régions à certains stades décisifs des études de l'élève (voir le chapitre "Evolution des moyens et des critères utilisés pour contrôler les résultats des étudiants"). Dans ce cas, ceux qui réalisent les curriculums sont limités parce que l'objectif primordial de l'enseignement n'est plus de préparer les élèves à la vie,

mais de les entraîner à réussir à l'examen. Lorsqu'un tel examen a tant de poids, on tombe dans un cercle vicieux : on ne peut changer l'examen parce qu'il mesure la maîtrise qu'a l'élève du programme, et on ne peut changer le programme parce qu'il prépare à l'examen. Il faut donc, dès que le besoin de changer le programme a été reconnu, reconnaître également celui de changer l'examen. On ne devrait jamais imaginer un examen qui n'ait dans ses structures des dispositions d'autodestruction et d'évolution. Dans tous les cas où un examen reflète le contenu d'un programme, il devient presque impossible de changer l'un ou l'autre, chacun servant d'excuse à l'autre pour qu'on maintienne le statu quo. Avec des examens rigides, déterminés, qui sont censés évaluer la maîtrise d'un programme par l'élève, il est difficile, voire impossible, de réaliser un changement. Comme examen et programme sont liés de façon inextricable, les deux doivent pouvoir changer et aucun ne doit gêner l'évolution de l'autre. L'évaluation est un moyen de mesurer les progrès de l'élève, elle ne doit pas devenir un moyen de les inhiber en faisant de la réussite à l'examen l'objectif essentiel d'un programme.

Tendances à évaluer

On peut isoler certaines tendances qui mériteraient d'être évaluées dans le futur. Les principales tendances sont les suivantes.

Le désir de changement

Dans le monde entier, il y a un mécontentement général concernant les formes actuelles des programmes, ce qui a conduit à un désir de les changer [35] (voir le chapitre "Evolution et élaboration des nouveaux cours de biologie dans l'enseignement secondaire"). Pratiquement chaque nation, depuis celles qui sont les plus avancées du point de vue technologique à celles qui ont pris leur essor plus récemment, examine les pratiques actuelles, cherche à amorcer un changement. S'il y a une constante qu'un évaluateur doit garder présente à l'esprit, c'est bien cette tendance au changement ; l'évaluation peut fournir des données pour amener un changement effectif et pas seulement une amélioration superficielle. L'évaluation freine la tendance qui consiste à changer pour le seul plaisir de changer.

Authenticité

On tend à penser de plus en plus qu'il faut atteindre des objectifs régionaux et nationaux grâce à des documents bien caractéristiques des pays concernés [11]. Ainsi, l'évaluation doit tenir compte de la nécessité d'évaluer le caractère régional et national d'un curriculum et de ses objectifs.

Adaptation du programme

En ce qui concerne le contenu biologique, l'évaluation se préoccupe davantage du caractère adapté ou non du curriculum : l'immense majorité des individus qui font de la biologie à l'école ne seront ni des scientifiques ni des biologistes. Les habitudes anciennes, qui consistaient à enseigner la biologie à tous les étudiants comme s'ils projetaient de devenir des spécialistes de la discipline, sont en voie de régression. On reconnaît maintenant que la biologie doit, en premier lieu, répondre aux besoins du citoyen moyen, en permettant à chacun de comprendre son environnement et ses problèmes naturels. L'évaluation doit chercher à savoir principalement si les élèves sont capables de réagir à des questions concernant le futur comme à celles qui concernent le présent et mieux assurer l'appréciation de situations orientées vers un résultat ou un problème, y compris à propos de sujets comme la reproduction, le contrôle des naissances, la pollution, la démographie, l'agressivité et autres préoccupations des citoyens.

L'évaluation doit tenir compte du fait qu'on s'éloigne d'une biologie essentiellement systématique et morphologique, d'une abondance de faits parfois inutiles que les élèves étaient obligés d'apprendre. On s'interroge maintenant sur les parties de la biologie les plus utiles au développement de l'individu dans le cadre de la société [30]. Peut-être par l'intermédiaire des techniques d'évaluation se préoccupera-t-on davantage de permettre au citoyen de vivre en harmonie avec son environnement. Cela signifie qu'on aura tendance à évaluer une biologie plus pratique, plus adaptée, moins théorique que par le passé.

Différences individuelles

Les différences qui existent entre les élèves sont connues depuis longtemps, et quand les pays entreprennent le travail herculéen que représente l'éducation de chaque citoyen, le problème de l'adaptation aux capacités individuelles devient prédominant. Comme aucun ensemble de matériel ne peut convenir de la même façon à tous les élèves, on prépare maintenant des documents non seulement pour les élèves moyens et au-dessus de la moyenne, mais aussi pour ceux qui ont des difficultés scolaires persistantes [42] et, souvent, pour les handicapés physiques ou mentaux. Les plans d'évaluation doivent tenir compte du fait que, progressivement, l'éducation s'adresse à un public de plus en plus large.

Séquences

La place d'une discipline comme la biologie dans les programmes scolaires est l'objet de beaucoup d'attention. Plutôt que de placer la biologie à un niveau scolaire donné, la tendance est de construire une série complète d'expériences à chaque niveau, depuis le jardin d'enfants jusqu'à l'entrée à l'université : chacune s'ajoute à celle qui précède et l'ensemble forme un tout ; ainsi l'élève ne tourne pas en rond autour d'une question donnée année après année, à des niveaux de vocabulaire chaque fois plus élevés [17]. Les évaluations doivent tenir compte de l'expérience antérieure des élèves et de leur exposition cumulative au contenu du programme.

Diversité des moyens

On note une tendance vers l'utilisation croissante de la technologie de l'éducation et des moyens pour apporter le maximum d'information sensorielle sur des sujets donnés (voir le chapitre "Influence des nouveaux équipements et des moyens techniques d'enseignement sur l'enseignement de la biologie "). Le principal inconvénient de cette utilisation à grande échelle des media a été et reste encore le coût, et il faut en limiter les abus. L'usage des media est approprié quand le message qui doit être transmis l'est effectivement plus efficacement grâce aux films, à la télévision, à l'enseignement assisté par ordinateurs et autres moyens. S'il n'y a pas un gain significatif pour l'enseignement, les media peuvent devenir simplement une façon coûteuse de faire passer des banalités. L'évaluation de l'efficacité dans l'enseignement des différents media comme moyens de présenter des documents permettra de répondre à des questions comme celles-ci : les media ont-ils une utilité réelle ? Leur coût élevé est-il justifié ?

Intégration

L'histoire de l'éducation en biologie a été celle d'un regroupement constant de disciplines normalement séparées. Dans de nombreux cas, botanique et zoologie ont été regroupées sous la seule rubrique biologie. La biologie couvre un domaine qui fait un tout et elle donne à l'élève une vue synthétique, impossible à obtenir s'il considère seulement des parties de la discipline dans des cours d'anatomie, de physiologie, de systématique, etc.

Mais tout comme il y a eu coalescence des différentes parties de la biologie en une seule, des tendances se manifestent vers l'enseignement de la science comme un tout dans des cours qui comprennent non seulement la biologie, mais aussi la chimie, la physique et les sciences de la terre. La prochaine étape semble être une extension de la science jusqu'au domaine des sciences humaines et une intégration des sciences expérimentales et des sciences humaines dans un ensemble traitant de problèmes spécifiques [24]. Dans un dernier temps, on pourra ajouter à ce complexe les disciplines littéraires et les élèves auront une vision encore plus intégrée du monde grâce à la combinaison de ce qui était dans le passé des disciplines distinctes.

Ces étapes de l'intégration nécessitent une évaluation constante pour s'assurer qu'ils vont bien dans le sens d'une contribution commune et non d'une dégradation.

Les minorités et les femmes

Un programme doit profiter à tous les secteurs d'une population. Cela consiste dans une grande mesure à faire disparaître les stéréotypes qui montrent les femmes et les minorités dans des activités qui les figent dans leur position au sein de la société [22]. En Inde, on commence maintenant à publier des documents d'enseignement dans les langues nationales ; on donne un enseignement bilingue dans un certain nombre de pays comme le Canada, où les langues sont l'anglais et le français, et les Etats-Unis, où l'on a donné une plus grande importance à l'espagnol pour satisfaire les besoins des étudiants hispanophones. Les documents doivent refléter les besoins de toutes les minorités culturelles ou ethniques. Le rôle des femmes est différent dans un certain nombre de pays, selon les coutumes locales et les traditions, mais souvent l'on commence à donner aux femmes un rôle de plus en plus grand dans la société. Les documents des curriculums montrent aussi maintenant la symbiose complète qui existe entre des individus masculins et féminins dans différents domaines. L'évaluation doit permettre de s'assurer qu'on ne trouve, dans les curriculums, aucun parti pris contre les minorités ethniques et culturelles, ni de préjugés en fonction du sexe.

Responsabilité

Dans la mesure où l'enseignement est une préoccupation de l'Etat et des citoyens de cet Etat, on lui demande de plus en plus de justifier son rôle et de rendre compte de ses progrès et de ses résultats. L'éducation pour l'éducation ne jouit plus du même prestige qu'autrefois. On pose des questions : pourquoi ? quoi ? où ? quand ? et comment ? Chaque partie des programmes des systèmes éducatifs doit justifier de son contenu et rendre compte des progrès des élèves. C'est pour cela qu'on est passé d'une évaluation des élèves dans le cadre de la délivrance des diplômes à l'évaluation d'une école, d'un cours, d'un professeur, d'un programme ou d'un ensemble de valeurs. Tous les aspects de l'action éducative seront évalués en fonction d'une série de buts et d'objectifs et l'efficacité de l'enseignement sera jugée en fonction de sa capacité à montrer jusqu'à quel point les buts et objectifs proposés au départ ont été atteints.

Diffusion d'un curriculum

Introduction

Ceux qui réalisent des curriculums pensent souvent que leur rôle est simplement de créer de nouveaux programmes et que celui de l'école se limite à les approuver. Cependant, les écoles, assez souvent, comprennent leur propre rôle différemment : elles pensent que la responsabilité de l'évaluation leur incombe et regardent le réalisateur des programmes comme un profane intéressé [27]. On a jusqu'à maintenant considéré l'évaluation du point de vue du réalisateur de programmes, comme faisant partie intrinsèque de ceux-ci. Les programmes sont en fait évalués une seconde fois, lorsqu'ils sont utilisés dans les écoles. Au cours de cette deuxième évaluation qui comprend le domaine de diffusion, les réalisateurs de programmes ne doivent pas seulement informer les éducateurs de l'existence d'un nouveau curriculum et de ses possibilités, mais doivent aussi fournir le produit et, dans certains cas même, faire naître la demande. Pour assurer une efficacité maximale, ceux qui réalisent le

curriculum ne doivent pas être ceux qui adaptent, organisent ou conduisent l'évaluation sommative du nouveau curriculum.

Critères de diffusion

Les curriculums qu'on choisit en fin de compte sont ceux qui, au moment de leur lancement, donnent les plus grandes espérances de réussite (produit efficace) et, en même temps, présentent les aléas les plus faibles (une acceptation facile).

Critères d'efficacité du produit

Parmi les éléments qui favorisent l'adoption et l'utilisation des nouveaux curriculums, on trouve les suivants :

Relations évidentes avec les besoins de l'enseignement. On peut beaucoup espérer d'un curriculum qui satisfait la majorité des objectifs éducatifs dans le pays considéré, que ce soit pour la formation de biologistes de métier ou de professionnels de branches annexes, la mise en place d'un enseignement qui parte de la recherche ou de la résolution de problèmes, une importance accrue donnée à l'environnement ou l'introduction des questions de santé, et des aspects appliqués de la biologie. Le programme qui répond à ces besoins allège les problèmes d'emblée et franchit les premières étapes de son adoption.

Valeur manifeste : cette rubrique implique une garantie des résultats et présente généralement des éléments permettant de vérifier que les prétentions du programme sont bien réalisées. En bref, cela montre que le programme fait ce qu'il est censé faire.

Abondance d'idées nouvelles, faciles à utiliser au niveau de l'apprentissage et de l'enseignement. Les professeurs apprécient les idées nouvelles et les suggestions pour un enseignement rénové, mais seulement si elles n'exigent pas trop d'eux ou si elles ne sont pas excessivement complexes. Le programme qui a le plus de chance de bien s'implanter est celui qui offre aux maîtres de nouvelles techniques et de nouveaux concepts qui seront à la fois assimilés et appliqués facilement.

Grand intérêt à la fois pour le professeur et pour l'élève pour ce qu'ils leur enseignent, mais si le matériel n'intéresse pas les professeurs au départ, ils ne le présenteront jamais aux élèves. Les efforts pour l'extension d'un programme doivent viser à susciter l'intérêt des maîtres et celui des élèves.

Présentation attrayante. Les élèves, comme les maîtres, préfèrent des documents bien imprimés, bien illustrés, en couleurs et réalisés avec goût. Si on donne le choix entre des feuilles mal multigraphiées sur du papier de mauvaise qualité, et des textes imprimés proprement, sur du papier glacé, illustrés et reliés par une couverture séduisante, on voit vite et clairement que le professeur ou l'élève moyen sont sensibles à une présentation attrayante. Ce point dépend du prix et vient certainement en dernière priorité dans la série des critères d'efficacité, si les quatre premières conditions peuvent être réalisées.

Critères d'accessibilité

En corollaire de ces promesses de réussite élevée, qui impliquent des dispositifs permettant d'aider l'élève à mieux apprendre, on trouve le fait qu'en adoptant ce programme le professeur ne doit pas se lancer dans une aventure, c'est-à-dire que le programme doit lui être accessible sans difficultés. Ces caractéristiques d'un accès facile, sans risques, sont les suivantes :

Matériel qui engendre chez les professeurs le moins de crainte possible quant à la formation et à leurs capacités. Un curriculum qui a les plus grandes chances de réussite est celui qui effraie le moins le professeur ; c'est celui qui n'exige pas un type de professeur complètement nouveau et ne fait pas appel à des stratégies et des techniques d'enseignement qui dépassent celles du maître actuel. Presque tous les nouveaux programmes comprennent du matériel qui sera nouveau pour le professeur et beaucoup exigent un style d'enseignement différent de celui utilisé auparavant. Mais cette menace, toujours présente, est grandement réduite quand les activités de diffusion du curriculum comprennent des unités de formation attrayantes qui permettent au maître d'acquérir facilement la confiance et la compétence nécessaires pour mener à bien le programme. Ces unités peuvent s'adresser individuellement à chaque maître sous forme de livres du maître détaillés qui accompagnent le curriculum, ou elles peuvent comprendre des séances périodiques de recyclage collectif. Quelle que soit la forme prise, cela peut rendre l'adoption du nouveau curriculum plus facile pour le professeur. Tout curriculum sera en difficulté s'il crée une menace pour le maître plutôt qu'il ne facilite son adoption par des enseignants grâce à son plan d'extension.

Le minimum de valeurs nouvelles imposées. Un curriculum nouveau qui est relativement familier et ne remet pas trop en cause les valeurs qui font partie intrinsèquement de l'enseignement est le plus facile à diffuser. Tout nouveau matériel impose de nouvelles valeurs, c'est bien évident, mais les modalités d'introduction effective sont fonction du minimum de bouleversements que ces changements vont causer. Parfois, les réalisateurs de curriculums sont forcés de préparer des matériels progressifs qui permettent d'atteindre par étapes les buts désirés.

Lorsqu'on essaie de diffuser un curriculum qui demande des progrès à pas de géant, on enregistre souvent un échec parce que la population à laquelle on s'adresse ne peut assimiler réellement toutes les nouvelles valeurs exigées d'un seul coup.

Révision moindre des modes de conduite de la classe. Tous les nouveaux curriculums exigent des changements dans la conduite de la classe. La méthode de recher-

che implique un dialogue accru entre le maître et l'élève d'une part, entre les élèves d'autre part, et beaucoup de professeurs n'en ont pas l'habitude. La plupart des professeurs qui acceptent d'utiliser un peu la méthode de la découverte rejetteront un programme qui demanderait de l'appliquer à cent pour cent tous les jours. Les activités de diffusion du curriculum doivent permettre de le rattacher aux styles d'enseignement existants avant d'introduire des méthodes plus variées.

Exigence moindre pour la préparation des cours. Les programmes complexes, qui demandent au professeur de passer des heures en dehors de la classe pour préparer une seule heure de cours, seront si exigeants qu'ils seront probablement rejetés. Beaucoup considèrent déjà que le nombre des classes, des élèves et celui des tâches extérieures sont excessifs. Les charges supplémentaires sont mal accueillies et les nouveaux curriculums ont des chances d'être adoptés s'ils ne demandent que peu de travail supplémentaire par rapport à un emploi du temps de maître déjà très lourd. Les efforts de diffusion d'un curriculum doivent insister sur le fait que les nécessités de préparation ne sont pas contraignantes et montrer qu'elles peuvent être réalisées sans trop exiger du professeur.

Contrainte minimale sur le style d'enseignement de la classe. Il paraît impossible d'introduire un nouveau curriculum sans amener, au moins au début, une contrainte dans le style d'enseignement. Les professeurs, qui ont eu l'habitude de communiquer avec leurs élèves uniquement par les cours magistraux trouvent, au début tout au moins, que l'introduction de travaux pratiques demande beaucoup d'efforts et les effraie.

L'utilisation d'une grande diversité de moyens ou un changement net dans un programme déjà familier ou dans un type d'examen peut mettre le professeur mal à l'aise. Cependant, moins le curriculum créera de contrainte à l'enseignant, plus grande sera la possibilité d'implantation réelle. Il faut, au moment du lancement, faire baisser la tension que peuvent créer les nouveaux matériels pédagogiques.

Les destinataires des curriculums

Il est paradoxal que les réalisations de curriculum soient toutes faites à l'intention des élèves, alors que les élèves sont rarement susceptibles de déterminer l'adoption d'un curriculum, sauf très indirectement lorsque par leur apathie ou leur enthousiasme, par leur réussite ou leur découragement, ils peuvent contribuer à orienter la décision dans un sens positif ou négatif. Ce sont les services gouvernementaux, les administrations et les professeurs qui décident de l'adoption d'un curriculum et chacun le fait en fonction de points de vue légèrement différents.

Les services gouvernementaux

Dans les pays qui n'ont pas de ministères fortement centralisés, les éducateurs envient fréquemment ceux dont les ministères, comme en France et en Nouvelle-Zélande, ont à la fois l'initiative et le contrôle de la réalisation des programmes. Dans ces pays, la diffusion dépend d'instructions ou de directives. Inversement, dans les pays à fort contrôle centralisé de l'enseignement, les enseignants peuvent envier ceux qui appartiennent à des systèmes d'éducation décentralisés comme c'est le cas aux Etats-Unis, en République fédérale d'Allemagne ou au Royaume-Uni. Une telle décentralisation favorise une grande diversité des approches expérimentales et donne une plus grande autonomie au niveau local. L'existence d'un programme national, déterminé par le pouvoir central semble aller de pair avec l'homogénéité du pays du point de vue population et culture ainsi qu'avec la petite taille et la densité des populations [23]. Les décisions se prennent à l'échelon gouvernemental, en général pour les pays où l'on trouve une tradition de pouvoir de décision centralisée, des limites de nature économique et l'influence d'un intérêt social pour le programme, en particulier de la part des partis politiques, des organisations religieuses ou des traditions de la société.

Les administrateurs

Il s'agit ici des administrateurs au niveau régional ou local plutôt qu'au niveau national. Pourtant, même dans les systèmes fortement centralisés, les directives sont transmises par l'intermédiaire d'administrateurs dispersés géographiquement et leur pouvoir d'étendre ou non le programme décidé à des niveaux supérieurs est variable suivant les conditions locales. Ces administrateurs peuvent se préoccuper du prix de revient réel de fonctionnement, des crédits permettant de l'utiliser effectivement après l'avoir choisi, de la disponibilité des matériels et de leur caractère adapté ou non aux conditions locales. En plus de l'influence du gouvernement central, les administrateurs sont soumis à celles de différents groupes régionaux (parents, syndicats, professeurs) sans oublier le microcosme de toutes les pressions affectant un gouvernement central. Avec une forte autorité centrale, les administrateurs régionaux ont au moins des points de référence extérieurs pour agir.

Dans les pays où ce contrôle central n'existe pas, c'est l'administrateur régional qui peut avoir à prendre les décisions concernant le curriculum dans sa région, sans avoir recours aux autorités supérieures. Les efforts au moment de la diffusion doivent permettre de répondre aux questions de l'administrateur qui se demande pourquoi introduire un curriculum donné dans le système sous son contrôle ? Il cherche à s'informer pour répondre aux questions que lui poseraient les parents, les professeurs et d'autres personnes. Si, au cours de la diffusion, on ne lui fournit pas de réponses suffisamment précises, le curriculum risque de ne pas être adopté.

Les enseignants

Les espérances de bons résultats, le faible risque encouru, tous les facteurs d'extension évoqués plus haut, concernent au premier chef les enseignants. L'efficacité de la diffusion

d'un curriculum se mesure à la façon dont elle satisfait effectivement sur le terrain à la philosophie originale et aux grandes idées qui ont présidé à sa conception. Sur ce point, c'est chaque professeur qui est individuellement responsable. Les professeurs jouent ainsi un rôle décisif dans l'innovation, non seulement comme exécutants, mais comme innovateurs eux-mêmes. Ils ont une activité de création en modifiant les innovations des autres pour les adapter aux conditions particulières de leurs écoles. Cette activité peut apparaître de la plus haute importance au cours de l'évaluation formative, et pourtant un très petit nombre de professeurs seulement participent à de telles évaluations. Un plus grand nombre de professeurs peut jouer un rôle important au niveau de l'évaluation sommative, grâce à l'expérience tirée de l'exécution du programme.

Formation des enseignants et diffusion du curriculum

Les services qui s'occupent de la formation des maîtres jouent un rôle important dans la diffusion effective et la mise en œuvre du curriculum. Ils s'occupent non seulement de la formation continue que peuvent faire les ministères, les facultés d'éducation, les écoles, les syndicats ou les centres de réalisation des curriculums eux-mêmes, parmi d'autres, mais aussi de la formation initiale (voir le chapitre "Progrès dans la formation et le recyclage des professeurs de biologie"). Malheureusement, presque partout, la formation initiale se fait en marge du courant d'innovation en matière de programmes, excepté dans le cas où une autorité nationale très forte non seulement impose la réalisation du programme, mais contrôle aussi la formation des maîtres. Le décalage qui existe au niveau de la formation des maîtres est souvent masqué parce que la plupart des innovations dans les curriculums ne diffèrent pas nettement des pratiques établies présentées dans les établissements de formation. Cependant, quand les innovations des curriculums sont très différentes des pratiques antérieures, les étudiants fraîchement diplômés des centres de formation des maîtres doivent participer immédiatement aux sessions de recyclage pour se préparer à mettre en œuvre les innovations des curriculums.

Mode de diffusion

Il est évident que chaque projet de curriculum doit préparer un mode ou un plan de diffusion. La figure 3 en présente un exemple qui conduit à la mise en place du curriculum. Il est tout aussi évident que ce plan de diffusion dépendra de la politique du gouvernement et des lois ; il tiendra également compte des résultats de l'expérience acquise grâce aux contacts avec les services locaux et régionaux pendant la phase expérimentale d'utilisation dans les écoles pilotes. L'ampleur des efforts de diffusion dépendra du type d'innovation qu'on trouve dans le curriculum. Une situation où un seul professeur travaille dans sa classe avec un nouveau matériel ne met évidemment pas en œuvre un type de diffusion complexe, mais les problèmes se compliquent quand un grand nombre de maîtres, d'écoles et de régions sont concernés. Certaines innovations des curriculums se sont étendues au-delà des frontières pour atteindre une dimension internationale ; ces grands projets se heurtent à des problèmes linguistiques, culturels, matériels et financiers, qui ont, à leur tour, un retentissement important sur le plan de leur diffusion. Ainsi la conception du curriculum dépendra de ce qu'on veut lancer — un cours complet ou simplement des manières de concevoir des cours — la totalité des productions ou seulement les aspects qui diffèrent de ce qui se fait couramment.

Contacts avec la communauté enseignante

Cela peut se faire par des annonces dans les journaux d'éducation qui indiquent la mise en place d'un projet de

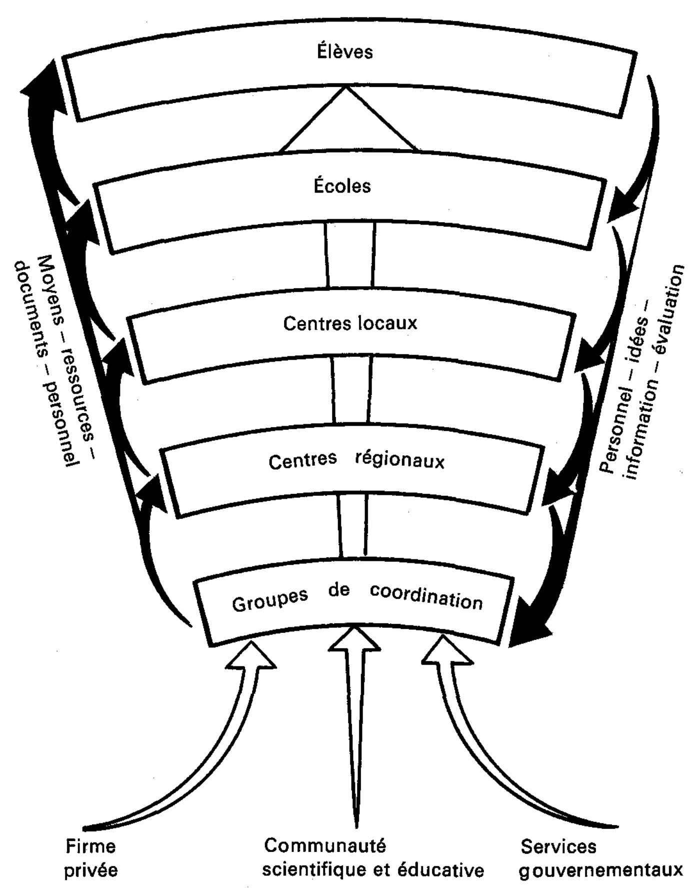


Fig. 3. Modèle de mise en place d'un curriculum. Les niveaux d'organisation sont reliés entre eux verticalement grâce à des échanges dans les deux sens pour permettre des relations de travail étroites entre les réalisateurs des curriculums, les administrateurs des écoles, les professeurs et les parents. Les mécanismes nécessaires pour réaliser ce type de coopération n'existent pas actuellement dans la plupart des structures éducatives, mais ce modèle représente le but à atteindre en ce qui concerne la diffusion du curriculum.

réalisation de programme, la nature de ses activités, le personnel, le centre de travail et les services proposés aux maîtres et aux écoles. Il faut solliciter les questions et peut-être qu'à partir de là, on pourra recruter des personnes pour les faire participer aux différentes phases de l'effort de réalisation et de diffusion du curriculum. On fait généralement ces annonces sous forme d'articles proposés à différentes publications sur l'éducation, bien qu'il ne soit ni contraire à la morale ni inconvenant de le faire par une annonce publicitaire.

Donner une forte image. Il est important, dans cette première prise de contact, de susciter une réaction qui soit au moins neutre, mais plutôt favorable [18]. Dès le début, il faut donner à la communauté éducative une bonne image de marque non seulement du programme lui-même, mais aussi des membres de l'équipe qui le réalisent. Si l'annonce provoque des réactions défavorables, le projet est en difficulté dès le départ. Quoi qu'il en soit, il faudra insister sur le fait que chaque fois que l'équipe chargée du projet fait une annonce publique, cela constitue un premier message pour quelqu'un.

Liste d'adresses. Il faut constituer une liste d'adresses comprenant les noms et adresses de ceux qui ont écrit pour demander des renseignements complémentaires, de ceux qui se trouvent sur les annuaires d'éducation ou sont connus de l'équipe réalisatrice. Cette liste doit inclure ceux qui s'occupent de l'audience à laquelle s'adresse le curriculum et de la zone dans laquelle il sera appliqué.

Brochures et bulletins d'information. Il paraît utile qu'on puisse diffuser une brochure d'information pour répondre à la majorité des questions concernant le projet. Un bulletin d'information est un moyen de communication efficace s'il y a un talent de création suffisant pour assurer une parution régulière et si l'on peut en assurer le financement.

Contacts personnels. Un service pour accueillir les visiteurs au centre de travail permet de fournir des informations de première main aux personnes intéressées. De même, la participation à des congrès et des réunions sur l'éducation non seulement en présentant des articles, mais aussi en exposant le matériel du curriculum peut aider matériellement à assurer l'information des destinataires du curriculum.

Stages

Le projet doit s'attacher à trouver des moyens d'organiser des stages, en s'arrangeant avec les professeurs intéressés au cours d'une réunion donnée, ou en les organisant spécialement dans des régions où il est facile de regrouper ces professeurs. On peut envisager des stages sur invitation au centre de travail ainsi que des séminaires ou des cours de recyclage dans des facultés ou universités. Il faut rechercher des instituts fonctionnant l'été ou pendant l'année scolaire et où de telles activités de formation seraient possibles. En dernier lieu, la réalisation des stages doit passer aux hommes d'affaires chargés de commercialiser le curriculum achevé afin que la communication soit maintenue. Dans certains pays comme le Japon, il existe des centres officiels d'éducation des sciences pour des activités de ce type [29]. Ailleurs, au Kenya par exemple, le ministère a mis en place une fondation responsable des publications pour s'assurer que professeurs et élèves puissent disposer du matériel d'enseignement.

Production de prototypes

Il faut prévoir la production de textes et de matériel prototypes en nombre légèrement excédentaire. On peut utiliser ces matériels supplémentaires, dont les classes pilotes n'ont pas besoin, dans toute une série de stages ou dans d'autres activités de formation et les faire payer sur les fonds du projet par ceux qui organisent ou suivent les stages.

Stratégie pour la diffusion

Il faut mettre en œuvre une stratégie pour permettre la diffusion du curriculum. Cela implique le respect des antécédents professionnels des professeurs, la prise en considération des conséquences des innovations sur leurs carrières ainsi que des implications financières éventuelles. La stratégie tirera avantage de la formation et de l'expérience du professeur et se rattachera aux pratiques actuelles. Elle doit tirer profit du refus ou des déceptions croissantes que provoquent les programmes en cours. Elle prendra en considération l'avis des professeurs sur les capacités de leurs élèves et les contraintes de leur classe. Elle tiendra compte du degré de confiance et de respect entre les professeurs, administrateurs et innovateurs. Il est très important qu'elle conduise à une internationalisation de l'innovation, c'est-à-dire une compréhension complète grâce à un effort personnel : elle ne doit pas demander une transposition permanente de la part des professeurs. La stratégie doit pousser les professeurs à participer et ne doit pas les considérer tout simplement comme des accepteurs passifs des idées des autres. Si les professeurs doivent en tirer des satisfactions sur le plan personnel et professionnel, ils ajouteront au programme, d'une façon ou d'une autre, un élément de leur propre création.

Soutien administratif et matériel

Il est essentiel d'avoir un soutien administratif et financier pour innover, car, sans lui, les professeurs se sentent abandonnés et toute diffusion s'effondre.

Examens

Comme on l'a mentionné à propos de l'évaluation, il faut que le système d'examens soit suffisamment souple pour accepter la diffusion des nouveaux matériels et les incorporer. Le libellé des programmes, les textes d'examen et les contrôles doivent inclure les nouvelles idées adoptées et l'on ne peut ignorer que, dans certains pays, les examens eux-mêmes sont des mécanismes de diffusion efficaces.

Diffusion et publicité

Quelle que soit l'échelle d'un curriculum, une diffusion efficace est une responsabilité essentielle. Tous les moyens disponibles doivent être utilisés au maximum pour faire accepter le curriculum par la population visée. La limite est étroite dans les efforts de lancement du curriculum entre une publicité tapageuse soupçonnée de chanter les louanges de l'équipe du curriculum, et la fourniture d'informations suscitant des prises de décisions intelligentes qui seront des contributions précieuses au processus éducatif.

La diffusion doit être conçue pour permettre cette possibilité d'information tout en respectant le caractère intègre des écoles, car, sans une telle information, des décisions ne peuvent être prises en connaissance de cause. Si les éléments qui permettent une prise de décision n'ont pas été fournis, il y a toute chance que les curriculums échouent sans qu'on ait tenu compte de leurs buts et de ce qu'ils auraient pu apporter.

Résumé et recommandations

L'évaluation doit faire partie intrinsèque de chaque nouveau curriculum. Elle débute par une prise de conscience des besoins et détermine les objectifs qui permettent de répondre à ces besoins. Elle commence avant la réalisation du curriculum, en est une partie intrinsèque et peut continuer pendant des années après son introduction dans les écoles. De même, l'organisation de la diffusion en vue d'implanter le programme tel qu'il a été par ceux qui l'ont conçu peut se faire à chaque stade de réalisation du curriculum. Une utilisation intelligente de cette diffusion conduira finalement à l'acceptation et à l'implantation du produit fini.

Ce sont les réalisateurs du projet qui font le succès de l'organisation de son évaluation, mais ceux-ci ont affaire à une variété de publics avant que le fruit de leurs travaux ne touche les élèves auxquels il est destiné. Le talent avec lequel sont utilisées les techniques d'évaluation et de diffusion est souvent le facteur déterminant la réussite ou l'échec d'un nouveau curriculum.

Recommandations

1. L'évaluation formative d'un programme peut être mise en œuvre par celui qui a réalisé le curriculum, mais l'évaluation sommative doit être faite par un groupe spécialisé indépendant.
2. Il faut renforcer les centres régionaux qui travaillent sur l'enseignement de la biologie et aider leur rôle dans la dissémination des innovations (publication et diffusion des comptes rendus techniques et d'articles pratiques ayant trait à des exemples précis d'évaluation de curriculum). Il faut établir des liens plus étroits entre les différents centres nationaux et internationaux pour faciliter les échanges d'information sur la réalisation et l'évaluation d'un curriculum.
3. Il faut soutenir le *Bulletin d'information sur l'enseignement de la biologie* (UISB/Unesco) pour qu'il présente les principales tendances et expériences dans l'évaluation et la diffusion des curriculums.
4. Il serait très utile de publier un ouvrage sur la réalisation et l'évaluation des curriculums ; il comprendrait deux parties : *a*) étude comparée des différentes techniques d'évaluation des curriculums ; *b*) modèles pratiques d'évaluation de curriculums, de différents niveaux de complexité pour répondre aux besoins variés des pays compte tenu de leurs ressources.

Bibliographie

Les références les plus importantes sont marquées d'un astérisque.

*1. Anderson, G. J. ; Walberg, H. J. Learning environments. Dans : Walberg, H. J. (ed.). *Evaluation Education Performance*, p. 81-98. Berkeley, Calif., McCutchan Publ. Corp., 1974.
2. Asian Association for Biology Education. *First Asian Regional Conference on School Biology*, p. 324. Manila, Philippines, 1966.
3. Australian Academy of Sciences. *Biological science : The web of life*. 2e éd., chap. 5 et 15. Canberra, A.C.T., 1973.
4. Basnayake, V. ; Crusz, H. The relation of school biology to postschool biology and everyday life. *First Asian Regional Conference on School Biology*, p. 48-57. Manila, Philippines, 1966.
*5. Bloom, B. S. *La taxonomie des objectifs pédagogiques*. Tome I : *Domaine cognitif*. Montréal, Education nouvelle, 1970.
*6. Bloom, B. S. ; Hastings, J. T. ; Madaus, G. F. *Handbook on formative and summative evaluation of student learning*. New York, McGraw-Hill, 1971.
7. Cohen, D. Evaluation of integrated science curricula. Dans : *New trends in integrated science teaching*, vol. 2, p. 143-148. Paris, Unesco, 1973.
*8. Comber, L. C. ; Keeves, J. P., Science education in nineteen countries. *International studies in evaluation, I*. International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA). Stockholm, Almqvist and Wiskell, 1973. 403 p.
9. ——. *Op. cit.*, p. 69.
10. Consejo Nacional para la Ensenanza de la Biologia (CNEB). *Biologia : unidad, diversidad y continuidad de los seres vivos*. Mexico, Compania Editorial Continental, S.A., 1970. 942 p.
11. Fakoor, S. R. Biology teaching in the high schools of Afghanistan. *First Asian Regional Conference on School Biology*. p. 145. Manila, Philippines, 1966.
12. Fundacao Brasileira para o Desenvolvimento do Ensino de Ciencias (FUNBEC). Centro de Treinamento para Professores de Ciencias. *Convites ao Raciocinio* (traduction de BSCS "Invitations to Enquiry"), 172 p. São Paulo, FUNBEC.

13. Gallagher, J. J. Teacher variation in concept presentation in BSCS curriculum programme. *BSCS newsletter* (Boulder, Colo.), 30, 1967, p. 8-19.
14. Goodlad, J. I. ; Steophasius, R. von. ; Klein, M. F. *The changing school curriculum,* p. 98-102. New York, The Fund for the Advancement of Education, 1966.
*15. Grobman, H. *Evaluation activities of curriculum projects,* p. 14. Chicago, Rand McNally, 1968 (AREA Monograph Series on Curriculum Evaluation, 2.)
16. Gromme, R. O. *Assessing student abilities and performance : year 2.* Boulder, Colo., Biological Sciences Curriculum Study, 1975. (Formative Evaluation Report, 4.)
*17. Harlen, W. Science 5-13 Project. Schools Council Research Studies, *Evaluation in curriculum development : twelve case studies,* p. 16-19. London, MacMillan, 1973.
18. Havelock, R. G. ; *et al. Planning for innovation through dissemination and utilization of knowledge.* Ann Arbor, Mich., Institute for Social Research, University of Michigan, 1972.
19. Hernandez, D. *Foreword to biology for Philippine high schools. The relationships of living things,* p. IV. Manilla, Phoenix Publishing House, 1965.
20. —. The Philippines. *BSCS newsletter* (Boulder, Colo.), vol. 47, 1972, p. 13-14.
21. Hurd, P. de H. *Biological education in American secondary schools 1890-1960. BSCS Bulletin* (Boulder, Colo.), n° 1, 1961, 263 p.
22. Jensen, A. R. Equality for minorities. Dans : Walberg, H. J. (ed.), *Evaluating educational performance,* p. 175-222. Berkeley, Calif., McCutchan Publ. Corp., 1974.
23. Kelly, P. Review and conclusions. Dernière partie d'une étude dactylographiée pour le Conseil de l'Europe.
24. Kerr, J. F. Science teaching and social change. *School science review,* vol. 47, 1966, p. 162.
25. Klinckmann, E. The BSCS grid for test analysis. *BSCS newsletter* (Boulder, Colo.), vol. 19, 1963, p. 17-21.
*26. Mayer, W. V. (ed.). *Planning curriculum development.* Boulder, Colo., Biological Sciences Curriculum Study, 1975, p. 44-57.
27. —. *Op. cit.,* chap. 6, p. 58-62.
28. Meyer, R. Report to the biology panel of the Tanzania Institute of Education, University of Dar es Salaam, on aspects of testing and evaluation – SSP Biology. April to July 1970. Paris, Unesco, 1970.
29. Morikawa, H. Science education centers in Japan. *Second Asian Regional Conference on School Biology,* p. 99-110. Tokyo, Asian Association for Biology Education, 1968.
30. Ninan, V. Biological education in relation to manpower requirements in the Western State of Nigeria. *New trends in biology teaching,* vol. III, p. 328-335. Paris, Unesco, 1971.
31. Nishimoto, M. Mass media technique in the teaching of school biology. *Second Asian Regional Conference on School Biology,* p. 33-39. Tokyo, Asian Association for Biology Education, 1968.
32. Parlett, M. The new evaluation. *Trends in education,* September 1974, p. 8-12.
33. Prawirosudirdjo, G. Somes reflections on the instruction of biology in schools in Indonesia. *Second Asian Regional Conference on School Biology,* p. 124. Tokyo, Asian Association for Biology Education, 1968.
*34. Radtke, W. ; Week, H. Introduction à la bibliographie sélective. *Evaluation du rendement scolaire dans les pays socialistes de l'Europe de l'Est.* Bulletin du Bureau international d'éducation, n° 191. Paris, Unesco, 1974.
*35. Schools Council Research Studies. *Evaluation in curriculum development : Twelve case studies.* London, MacMillan, 1973. 205 p.
36. Stake, R. E. *Responsive evaluation.* CIRCE, University of Illinois, Urbana, Ill., December 5, 1972. 4 p. (Multigraphié.)
37. Tamir, P. Israel. *BSCS newsletter* (Boulder, Colo.), vol. 47, 1972.
38. Tolman, R. ; Robinson, J. T. ; Krasilchik, M. *An evaluation of biologia,* vol. I. (Brazilian adaptation of the BSCS green version.) Boulder, Colo., Biological Sciences Curriculum Study, 1973. 63 p.
39. Unesco. Projet pilote pour l'amélioration de l'enseignement de la biologie en Afrique. Rapport du séminaire de Dakar (Sénégal), 24-28 février 1969. Paris, Unesco, 1969. 22 p.
40. —. Id. Rapport du séminaire de Kampala (Ouganda), 5-11 janvier 1972. Paris, Unesco, 1972. 6 p.
41. Witzlack, G. (ed.). *Essays on the prevention of backwardness.* Berlin, Volk et Wissen, 1973. 238 p.
42. Wong, R. H. K. *Evaluating curriculum development in Asia.* 5 p. (Multigraphié.)

Compréhension des processus de l'apprentissage et efficacité des méthodes d'enseignement dans la classe, au laboratoire et sur le terrain

Introduction et historique

Avec l'essor de l'école publique au niveau secondaire dans la seconde moitié du XIXe siècle et l'importance accrue des sciences au début des études universitaires, l'enseignement de la biologie a pris un rôle important dans les programmes scolaires. Autrefois, les études faisaient largement appel à l'œuvre d'universitaires distingués en botanique, zoologie et physiologie et, dans ce dernier cas, étaient communément associées à des cours de médecine ; les manuels étaient en grande partie des catalogues de renseignements, organisés généralement en fonction de critères taxonomiques ou présentés dans le cas de la physiologie, en fonction des différents appareils du corps humain. Les méthodes d'enseignement mettaient l'accent sur la mémorisation de détails factuels et donnaient peu d'importance aux concepts biologiques importants qui servent à organiser les faits connus et à comprendre le fonctionnement des systèmes vivants.

La période qui va de 1850 jusqu'à la fin du premier quart du XXe siècle se caractérise non seulement par l'accumulation de faits nouveaux concernant les êtres vivants, mais aussi par le développement de modèles explicatifs ou de concepts généraux et de grande portée qui expliquent une partie de la régularité observée dans les systèmes vivants. Les notions d'évolution et de génétique, de théorie cellulaire et d'origine microbienne des maladies sont quelques-uns des concepts explicatifs essentiels qui ont été présentés à cette époque. On montrera plus loin comment les concepts d'une discipline jouent un rôle important dans les méthodes qui permettent l'accès à de nouvelles connaissances et qui influencent également la conception de l'enseignement. On soutiendra l'idée selon laquelle les concepts [1] jouent un rôle capital dans le comportement rationnel humain et que l'acquisition de concepts devrait être au centre de l'enseignement en biologie. Il s'ensuit que le modèle psychologique proposé doit mettre l'accent sur la nature des concepts et leur rôle dans l'apprentissage ; dès lors il n'y a pas qu'une théorie de l'apprentissage dans le domaine cognitif qui soit assez large pour répondre à de telles exigences : c'est la théorie de l'apprentissage de David P. Ausubel (1968).

De nouvelles connaissances continuant de s'accumuler à une vitesse accrue dans le domaine des sciences, il devenait de plus en plus évident qu'on avait besoin de nouvelles manières d'aborder l'enseignement des sciences et le traditionnel " inventaire " des connaissances, phylum par phylum, était de plus en plus insuffisant. Aux Etats-Unis, les premiers qui ont écrit les livres pour le secondaire ont d'abord été des universitaires, puis des professeurs et des directeurs d'écoles publiques et privées leur ont succédé. Ce glissement depuis ceux qui sont au contact de la recherche vers les maîtres a contribué un peu plus tard à la baisse du niveau des connaissances dans les programmes du secondaire, ce qui a un peu stimulé l'élaboration des nouveaux programmes financés par la *National Science Foundation* aux Etats-Unis ; ces derniers ont alors demandé la contribution effective de chercheurs universitaires remarquables (Hurd, 1961). Une évolution assez analogue s'est manifestée au Royaume-Uni, dans les curriculums réalisés grâce au soutien de la Nuffield Foundation. Au niveau du premier cycle universitaire (*college*), de nombreux efforts ont été faits pour imaginer de nouveaux curriculums et de nouvelles approches dans l'enseignement. Certaines de ces " innovations " ont été décrites dans deux volumes par McGrath (1948) et Haun (1960), intitulés *Science in general education.* De plus en plus, on reconnaissait que la science était un sujet d'étude valable au niveau de l'école élémentaire et

1. Il existe des définitions nombreuses et variées des concepts. Selon Novak, il est utile de définir un concept comme " une sorte d'élément constant au milieu de faits ou d'autres concepts ". Les faits sont définis comme ce qui est retenu d'un événement et les événements sont les phénomènes que nous voyons se dérouler ou que nous provoquons. Ainsi, une expérience produit des événements qui sont enregistrés comme des faits observés, dont nous essayons d'expliquer la régularité avec les concepts appropriés. Parfois, il nous faut inventer de nouveaux concepts pour expliquer les repétitivités que nous pouvons observer.

l'on trouve dans le grand mouvement de réalisations de curriculums des années soixante, des programmes financés au plan fédéral pour le niveau scolaire (voir chapitre "Evolution et élaboration des nouveaux cours de biologie dans l'enseignement secondaire ").

La plupart des projets de nouveaux curriculums des années soixante concentraient leurs efforts sur une mise à jour du contenu et sur les "méthodes de recherche scientifique ", pour lesquelles les textes de Popper, *Logic of scientific discovery* (1959) ont servi de modèle. L'American Association for the Advancement of Science a parrainé une réalisation pour l'école élémentaire, *Science : A process approach,* conçu pour développer les "méthodes scientifiques " conformément à une structure hiérarchique défendue par Gagné (1965). Aucun projet de curriculum important, que ce soit aux Etats-Unis, ou au Royaume-Uni, n'a pris pour point central la nature et le rôle des concepts dans la découverte scientifique, ni le rôle des concepts pour apprendre et comprendre la science (Novak, 1969). C'est pourquoi, sans négliger l'apport de psychologues comme Freinet et Montessori et les travaux d'équipes pédagogiques comme celles de la Nuffield Foundation, de l'IPN de Kiel ou de l'INRDP de Paris qui mettent l'accent sur la construction de la science par les enfants, cet article insistera sur l'importance du cadre conceptuel de la discipline à enseigner et sur une analyse systématique des choix pédagogiques en vue de développer au maximum l'acquisition des concepts par les élèves. On essaiera de montrer comment la théorie de l'apprentissage permet d'apporter une compréhension nouvelle plus en finesse qui peut servir de guide et de soutien dans la conception d'un enseignement facilitant l'apprentissage pour les élèves et présentant une large gamme d'aptitudes pour apprendre.

Les changements des fondements épistémologiques de la science

De grands progrès ont donc été réalisés au siècle dernier en ce qui concerne les sciences en général et particulièrement les sciences biologiques, où notre connaissance des systèmes vivants a considérablement changé. Ce qu'on n'a généralement pas reconnu, c'est que la nature même de la science comme recherche active de connaissance avait changé elle aussi.

L'histoire de la science moderne remonte aux écrits de Copernic au début du XVIe siècle et de Galilée au début du XVIIe siècle. Tous deux, comme Aristote et d'autres, observaient soigneusement la nature, mais à la différence de leurs prédécesseurs de l'Antiquité, ils ont cherché les explications des phénomènes non pas dans les propriétés inhérentes aux objets eux-mêmes, mais plutôt dans les relations entre les objets, souvent exprimées en termes mathématiques. Ainsi, Galilée trouva que des grosses pierres tombaient exactement à la même vitesse que des petites même si celles-ci pèsent moins, etc. Le début du XVIIe siècle était une période où l'intérêt pour l'observation de la nature se développait partout en Europe et en Angleterre, une époque où beaucoup de gens instruits considéraient la science comme une distraction intellectuelle convenable, Francis Bacon se mit aussi à réaliser des expériences et à observer la nature ; mais sa contribution la plus importante réside dans la description détaillée des méthodes d'étude de la nature. Son ouvrage *Novum Organum,* écrit en 1620, définit le dogme de la pratique scientifique : "La subtilité de la nature va bien au-delà de celle des sens ou de la compréhension, si bien que les méditations spécieuses, les spéculations et les théories de l'humanité ne sont qu'une sorte de folie, alors qu'il n'y a personne pour l'observer " (1620, 1950, p. 107).

Bacon et d'autres répétèrent avec insistance que la science progresserait mieux si l'on observait la nature sans idées préconçues sur ce qu'il fallait voir ou sur la façon dont la nature devait se comporter. Etant donné le caractère spéculatif et philosophique de la science antique et moyenâgeuse, il était nécessaire de passer par un stade où l'on insiste sur une observation scrupuleuse et sur l'abandon des préjugés erronés pour que la science puisse évoluer vers l'acquisition de nouvelles connaissances. L'influence de Bacon s'est maintenue pendant les XVIIe, XVIIIe et XIXe siècles. Par exemple, Darwin écrivait : "en regroupant tous les faits concernant d'une manière ou d'une autre la variation des animaux et des plantes domestiques et de ceux qui sont dans la nature, on peut éclairer l'ensemble du sujet. J'ai commencé mon premier recueil de notes en juillet 1837. J'ai travaillé selon les vrais principes de Bacon et sans aucune théorie. J'ai accumulé des faits sur une échelle globale " (p. 67, 68).

On sait bien sûr que Darwin est allé au-delà d'une simple description des faits observés pendant son voyage sur le Beagle. Plus tard, il a formulé et exprimé en détail sa théorie de l'évolution dans *The origin of species* (Darwin, 1859). On a aussi les lois de Kepler en astronomie, de Newton en physique, de Lavoisier en chimie et de Pasteur en microbiologie. En dépit de toutes ces conceptualisations "spéculatives ", Karl Pearson écrivait encore en 1900 : "L'unité de toute la science tient dans sa méthode, et non dans la nature des matériaux étudiés (en italique dans l'original) celui qui classe des faits de quelle que nature que ce soit, qui voit les relations qui existent entre eux, et décrit leur succession, applique la méthode scientifique et est un homme de science (p. 12).

"... Quand je fais l'analyse de cette théorie (l'évolution de Darwin) elle est vraiment scientifique pour la bonne raison qu'elle n'essaie pas d'expliquer quelque chose. Elle prend en considération les faits de la vie tels que nous les percevons et essaie de les décrire en une formule brève " (p. 356).

Après Pearson, il y eut les travaux d'Einstein, la génétique mendélienne fut redécouverte et la génétique moderne a vu le jour ; on a développé la théorie quantique. On a façonné tous ces cadres conceptuels, et bien d'autres, pour observer la nature et guider la mise au point d'instruments et d'expériences. Mais on trouve encore des maîtres à penser en philosophie des sciences qui suggèrent que

l'expérience et l'observation sont le cœur de l'activité scientifique et que le point essentiel réside dans les relations logiques entre les faits expérimentaux et les hypothèses. Karl Popper (1934, 1959) affirme " qu'on peut intituler les résultats d'une recherche sur les lois de la science – c'est-à-dire de la découverte scientifique – la logique de la découverte scientifique " (p. 53). Depuis que Bacon a établi le dogme selon lequel la science est fondée sur l'observation et l'expérience et que les méthodes utilisées pour réaliser les observations impartiales et impersonnelles sont l'essence même de la science, ce dogme a été accepté pendant trois cents ans.

Vers les années cinquante, cependant, une nouvelle vision de la science a commencé à se manifester, sous l'impulsion de gens qui étudiaient soigneusement l'histoire des sciences. Ils ont trouvé dans la vie et dans la correspondance de scientifiques que les conceptualisations spéculatives jouaient un rôle central, que des choix importants et cruciaux relatifs aux méthodes expérimentales avaient été déterminés par ce que Polani (1957) appelait la passion et non la logique et que l'héritage conceptuel commandait dans la science, comme dans d'autres activités humaines, la perception et la pensée du scientifique. Conant exprime ceci dans *On understanding science* (1947) et son élève, Thomas Kuhn, développe une thèse suivant laquelle les conceptualisations, ou paradigmes, qui guident le travail du scientifique, déterminent les méthodes qu'il utilisera et ce qu'il verra au cours de ses observations. *La structure des révolutions scientifiques*, livre écrit par Kuhn (1962), bien que critiqué pour l'ambiguïté de la définition des paradigmes et l'importance accordée au passage " révolutionnaire " des anciens aux nouveaux paradigmes, a tout de même contribué à détruire le mythe selon lequel la science serait seulement une " logique de la découverte " ou une entreprise non subjective de récolte des données.

Plus récemment, Stephen Toulmin (1972) a montré que Popper et d'autres étaient pris à leur propre piège logique : en effet, leur recherche d'une " vérité " scientifique par des méthodes logiques conduit à une " régression infinie " dans laquelle il faut supposer que quelque chose est vrai et lorsque nous essayons de vérifier la légitimité de cette supposition, nous nous trouvons en face d'une vérité à priori, à laquelle il faut croire. Plutôt que de soutenir une " logique de la découverte ", Toulmin soutient qu'il faut admettre que la pensée rationnelle et la pensée logique ne sont pas identiques : " Un homme montre qu'il est rationnel, non en s'attachant à des idées fixées, à des façons d'agir stéréotypées ou à des concepts immuables, mais par la manière dont il change ces idées, ces façons d'agir et ces concepts. "

Pour Toulmin, un comportement rationnel est la clé qui fait progresser la connaissance et le mode d'utilisation des concepts pour observer et interpréter les phénomènes permet de décrire ce comportement rationnel. En outre, il n'y a pas de concepts " absolus " qui restent vrais et valables pour toujours ; de ce fait, ce qui est comportement rationnel pendant une décennie ou un siècle peut devenir irrationnel à une autre époque. Par exemple, quand le concept de " création " dominait dans la société, il était irrationnel de suggérer que les êtres vivants actuels avaient évolué progressivement à partir de formes ancestrales, car cela était en contradiction non seulement avec l'interprétation littérale de la Bible, mais aussi avec le " fait " que cela nécessitait trop de changements dans le bref laps de temps écoulé depuis l'an 4004 avant J.-C., date à laquelle la Terre était supposée s'être formée. Lorsque plusieurs faits ont commencé à prouver que le monde était beaucoup plus vieux – des milliards d'années – le concept de " création " a perdu une bonne partie de sa crédibilité et, maintenant, il est irrationnel de prétendre que des catastrophes cycliques, que des modèles catastrophiques expliquent mieux le monde qui nous entoure que des modèles de type évolutif. Toulmin soutient que la compréhension humaine est fondée sur les concepts que l'homme possède à un moment donné de l'histoire et que ces concepts évoluent : " Les concepts, comme les individus, ont leur histoire et sont tout aussi incapables de résister aux ravages du temps que les individus. "

On se trouve maintenant au début d'une nouvelle période de l'histoire des sciences où, progressivement, les historiens et les philosophes discuteront de façon plus précise ce que les scientifiques ont fait ou sont en train de faire. Il y aura peut-être moins d'ondes de choc lorsque les futurs lauréats des prix Nobel feront connaître le jeu conceptuel auquel ils se sont livrés, comme l'a fait James Watson dans son livre *La double hélice* (1968). Les nouvelles perspectives de la nature et de l'histoire de la science sont si différentes qu'un auteur a écrit : " L'histoire des sciences devrait-elle être interdite aux moins de 18 ans ? " (Brush, 1974). Les manuels de l'école élémentaire et la mythologie populaire ont créé une vue tellement déformée de la science et des scientifiques que Brush en arrive à se demander si le caractère réaliste, humain de la science ne paraît pas indécent à un public habitué à l'image froide, objective et mythologique de la science.

En résumé, si l'on reconnaît la science comme des ensembles de concepts en évolution qui guident à la fois nos méthodes de recherches et les interprétations que nous donnons de nos découvertes, l'enseignement scientifique ne devrait-il pas être axé lui aussi sur l'apprentissage des concepts ? D'après Novak, la réponse est oui. C'est pourquoi on a cherché une théorie de l'apprentissage qui serve à la planification des curriculums et de l'enseignement pour arriver à un apprentissage en biologie où l'acquisition des concepts soit au centre de l'effort.

La théorie d'Ausubel sur l'acquisition des connaissances

Il est important de distinguer trois types d'apprentissage : cognitif, affectif et psychomoteur. Les processus cognitifs sont ceux par lesquels nous acquérons et utilisons nos connaissances, c'est ce que la plupart des gens entendent lors-

qu'ils parlent d'apprendre en particulier à l'école. L'apprentissage cognitif a pour résultat un stockage organisé des connaissances dans le cerveau de l'élève, complexe organisé qu'on appelle structure cognitive.

L'expérience affective est le résultat de signaux qui partent du sujet lui-même et qui sont identifiés comme plaisir ou peine, satisfaction ou désagrément, contentement ou anxiété. Des expériences affectives accompagnent toujours les expériences cognitives et, de ce fait, les apprentissages affectif et cognitif sont concomitants, mais il est important de reconnaître qu'en tant qu'éducateurs, nous n'organisons des expériences que dans le domaine cognitif, et de ce fait, c'est lui qui doit retenir toute notre attention.

L'apprentissage psychomoteur comprend un entraînement des réponses musculaires par la pratique, mais un certain apprentissage cognitif est généralement un élément important dans l'acquisition de savoir-faire psychomoteur, par exemple, pour le piano, le golf ou la danse.

La théorie d'Ausubel concerne en premier lieu les processus d'acquisition des connaissances, mais ce n'est pas parce qu'il n'a que peu d'intérêt ou de compétence pour la psychologie du domaine affectif, il est en fait psychiatre en exercice. C'est selon Novak la théorie de l'apprentissage la plus utilisable et la plus large qui existe. Tout en reconnaissant l'importance de l'expérience affective, ce chapitre est centré sur les problèmes de l'acquisition des connaissances parce que les applications de la théorie d'Ausubel promettent beaucoup et rapidement pour l'amélioration de l'enseignement de la biologie.

Apprentissage significatif

Le concept le plus important de la théorie d'Ausubel est ce qu'il décrit comme apprentissage significatif. Celui-ci se produit quand une information nouvelle se trouve rattachée aux concepts appropriés existant dans la structure cognitive de l'élève : par exemple, lorsque l'élève observe qu'un phasme n'est pas un bâton, mais un insecte, avec des yeux, des pattes et d'autres organes d'insecte, il n'a pas seulement appris à reconnaître cette espèce, mais il peut rattacher son nouveau savoir à un large réseau de connaissances qu'il peut avoir à propos des insectes. Cet exemple permet aussi d'illustrer un autre principe important : une nouvelle expérience aura plus ou moins de signification pour un élève ou un autre selon que les concepts que chacun possède seront plus ou moins adaptés. Pour reprendre l'exemple précédent, un enfant qui sait peu de choses sur les insectes n'aura pas la même expérience d'apprentissage significatif qu'un enfant qui s'intéresse à l'entomologie.

Par opposition à ce qui se passe dans cet apprentissage significatif, on peut aussi apprendre de nouvelles connaissances qui n'ont que peu ou pas de lien avec des éléments existant dans la structure cognitive. C'est ce qu'on appelle généralement apprendre par cœur. Cependant, cette distinction significatif par cœur ne représente pas deux termes qui s'opposent mais plutôt un continuum. Même pour apprendre des numéros de téléphone, on peut faire intervenir jusqu'à un certain point un apprentissage significatif : par exemple, on sait qu'aux Etats-Unis et au Canada tous les numéros ont sept chiffres et que les trois premiers dans n'importe quelle ville, représentent un district donné. Quand on sait cela, il n'y a que les quatre derniers chiffres à apprendre par cœur.

Adjonction et adjonction oblitérante

Au cours de l'apprentissage significatif, l'information nouvelle est liée aux concepts existant dans une structure cognitive. Cependant, c'est un processus dynamique au cours duquel la nouvelle information et le concept existant dans la structure cognitive sont tous les deux quelque peu altérés. Pour insister sur ce point, Ausubel appelle le concept concerné existant dans la structure cognitive le concept qui adjoint, ou adjoncteur, et la liaison d'une nouvelle information à l'adjoncteur au cours de l'apprentissage significatif est le mécanisme de l'adjonction. Ausubel schématise le processus ainsi :

Adjonction :

A	+	a	⟶	A'a'
Concept existant dans la structure cognitive		**Nouvelle information s'y rapportant**		**Concept modifié dans la structure cognitive**

La figure 1 résume ce processus.

Pendant un temps, la nouvelle information apprise (a') peut être remobilisée presque sous sa forme originale,

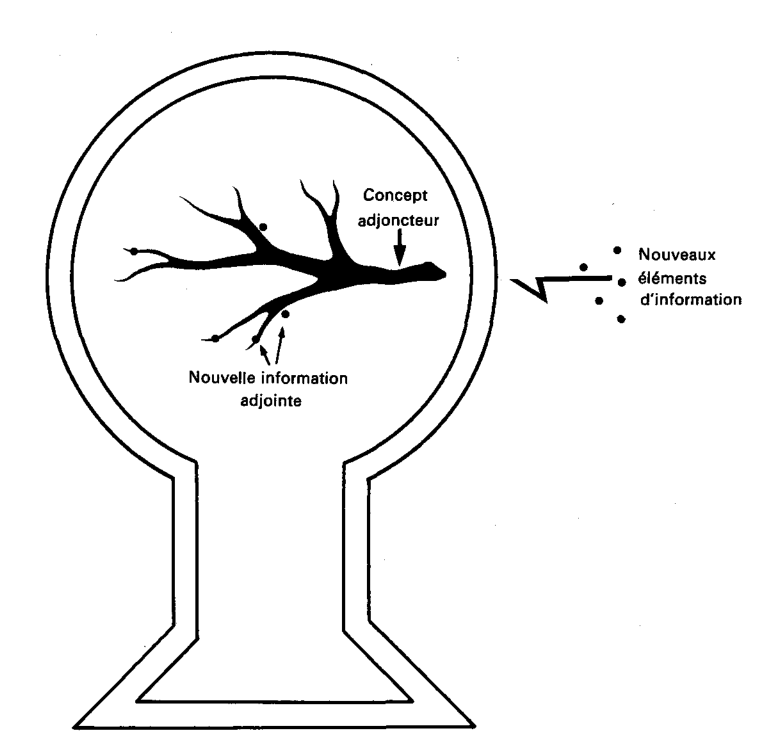


Fig. 1. Au cours de l'apprentissage significatif, les nouvelles connaissances sont adjointes par les concepts existant dans la structure cognitive.

mais au bout d'un certain temps, elle n'est plus dissociable du concept qui l'a adjointe. *Dans ce cas, il y a eu adjonction* oblitérante. Cette adjonction oblitérante est différente de l'oubli tel qu'il se produit dans l'apprentissage par cœur. Après l'adjonction oblitérante, le concept restant est retenu et il garde beaucoup de l'enrichissement acquis pendant l'adjonction : donc, le concept en ressort renforcé et facilite un nouvel apprentissage significatif dans l'avenir. Au contraire, quand il y a oubli après un apprentissage par cœur, un nouvel apprentissage similaire est retardé par le processus dit d'interférence. Nous avons sans doute tous eu un jour des difficultés pour apprendre un nouveau numéro de téléphone qui ressemblait à un vieux numéro que nous ne sommes plus capables de nous rappeler. Au contraire, on peut apprendre en les voyant une ou deux fois, les caractéristiques d'une plante ou d'un animal nouveau qui appartiennent à une famille qu'on connaît bien.

Apprentissage à un niveau supérieur

Au cours de l'apprentissage significatif, de nouveaux faits peuvent se lier à des concepts dans la structure cognitive, renforçant et élargissant ainsi ces concepts. Il est possible aussi qu'un nouvel apprentissage ait pour effet de nouvelles associations entre concepts. Par exemple, les concepts de chien, chat, lion, etc., se développent chez un enfant et, de la même façon, il pourra apprendre plus tard que tous sont des sous-groupes d'une classe plus large, celle des mammifères. Quand le concept de mammifère se met en place, les concepts acquis précédemment de chien, chat, etc., sont subordonnés au nouveau concept et le concept mammifère représente un concept de rang supérieur.

Différenciation progressive et réconciliation intégrante

Lorsqu'il y a adjonction, les concepts existants deviennent plus élaborés ou plus différenciés. Le processus peut s'étendre sur plusieurs jours, plusieurs semaines ou plusieurs années et il est important, au moment où l'on conçoit l'enseignement, de faire de gros efforts pour encourager les élèves à associer de nouvelles informations aux concepts correspondants appris précédemment, de façon à différencier progressivement ces concepts.

Au cours de l'apprentissage et de la différenciation des concepts, il peut apparaître pour ceux-ci des significations opposées. Par exemple, lorsqu'un élève étudie la botanique, il peut avoir du mal à reconnaître que les gousses de pois et de haricots sont des fruits, même s'ils représentent la partie mûre et achevée de l'ovaire d'une fleur. A la maison, cet élève a appris très tôt à propos de la nourriture, à placer les pois et les haricots avec les carottes et les betteraves dans la catégorie des légumes : il est donc important de distinguer la répartition des plantes selon les catégories d'aliments des classifications botaniques. Le processus au cours duquel des sens contradictoires entre concepts se clarifient, s'appelle la réconciliation intégrante. C'est un processus nécessaire et qui devrait orienter l'enseignement. En général, l'apprentissage à un niveau supérieur et la différenciation progressive se produisent simultanément quand les concepts sont clarifiés et que la réconciliation intégrante est réalisée.

Organisateur de progression : pont cognitif

Un des points de la théorie d'Ausubel qui a été le moins bien compris est celui du concept d'organisateur de progression. Quand le terme a été introduit pour la première fois en 1960, Ausubel a montré qu'un élément d'enseignement, convenablement déterminé – l'organisateur de progression – introduit avant une information nouvelle à apprendre, facilitait l'apprentissage de cette dernière ; pour Ausubel, l'organisateur de progression doit avoir les caractéristiques suivantes : il doit être plus général et plus abstrait que l'information qui le suit et il doit en permettre un apprentissage plus facile dans un contexte "chargé de sens". Une grande partie des recherches visant à vérifier la théorie d'Ausubel est axée sur cet unique concept, mais malheureusement on a rarement réalisé les intentions originales d'Ausubel, étant donné le type d'organisateurs de progression qu'on a utilisés.

Le caractère important d'un organisateur de progression est qu'il sert à lier la nouvelle information à apprendre aux concepts existant dans la structure cognitive. Les chercheurs ont rarement tenu compte de la structure cognitive de l'élève et de la signification que pouvait avoir la nouvelle information à apprendre ; il est très invraisemblable qu'on puisse trouver un organisateur de progression pour apprendre des mots dépourvus de sens, ni pour relier une information nouvelle qui n'ait aucun rapport avec les concepts acquis par l'élève [1]. Pour cette raison, il convient de mettre l'accent sur le rôle de "lien" ou de "pont" des organisateurs de progression et l'on parlera désormais de ponts cognitifs plutôt que d'organisateurs de progression. Les ponts cognitifs sont de petits éléments d'apprentissage qui fournissent à l'élève un guide si bien que les concepts de sa structure cognitive peuvent être mieux employés pour un apprentissage significatif ; ils aident également à signaler quels seront les concepts clés dans la nouvelle information et comment ils permettront une relation avec des concepts de niveau supérieur ou inférieur dont l'élève dispose déjà. Un exemple de pont cognitif utilisé fréquemment en biologie est le concept de la complémentarité entre structure et fonction. Quand on le signale à l'attention de l'élève avant de commencer l'enseignement sur la nature des constituants du xylème, ou sur les os, sur le cartilage ou sur d'autres structures, on augmente les chances d'établir un apprentissage significatif qui débouche sur une différenciation progressive et une réconciliation intégrante.

1. Bien qu'Ausubel ait suggéré qu'on pouvait utiliser un organisateur de progression révélateur pour faciliter l'apprentissage d'une information tout à fait étrangère (c'est-à-dire qu'on ne puisse rattacher à la structure cognitive), l'expérience conduit à penser qu'il faut rejeter cette façon de voir.

Solutions de problèmes, découverte, recherche

Selon la théorie d'Ausubel, le test crucial qui permet de savoir s'il y a ou non apprentissage significatif est la capacité de résoudre de nouveaux problèmes dans le même domaine. Si un élève a appris certains aspects de la structure ou de la fonction du gène, il doit être capable de résoudre de nouveaux problèmes de génétique se rattachant à cette acquisition. La capacité de résoudre des problèmes est liée à la différenciation des structures cognitives et ceci est spécifique des concepts. De plus, une gamme étendue de problèmes dépendent de quelques concepts généraux, mais il y a aussi des concepts plus spécifiques, d'ordre inférieur, qui sont nécessaires pour résoudre un problème donné. Ainsi, dans l'optique d'Ausubel, il n'y a pas de stratégie générale, ni de logique de la découverte, exception faite de la stratégie générale de l'apprentissage significatif et ce dernier est avant tout fonction du développement des concepts et de la réconciliation intégrante. La plupart des nouveaux curriculums réalisés au cours des vingt dernières années ont mis l'accent sur les méthodes de "recherche" ou de "découverte" pour remplacer le savoir par cœur si répandu dans les écoles. En faisant cela, ils ont "jeté le bébé avec l'eau du bain"; ils n'ont pas su reconnaître le fait que faciliter directement l'apprentissage de concepts n'est pas la même chose que de faire apprendre par cœur et que c'est là le seul moyen d'améliorer l'aptitude à résoudre des problèmes ou à la recherche.

Il faut bien remarquer que la résolution d'un problème est vraiment un acte d'apprentissage significatif. Quand l'individu rassemble des informations à partir des données du problème, il intègre de nouveaux éléments, poussant plus loin la différenciation de certains concepts et formant de nouvelles associations avec des concepts d'ordre supérieur ou inférieur. La résolution des problèmes n'est en réalité rien de plus qu'un type particulier d'apprentissage significatif.

Créativité

Il y a beaucoup de définitions de la créativité, mais toutes ont un point commun : elles supposent un nouveau produit ou une nouvelle solution. Pour l'architecte créatif, le produit est le projet ; pour le musicien, ce peut être une ballade ou une symphonie, et pour le biologiste, ce peut être une expérience astucieuse ou un modèle pour la structure du gène. Dans chaque cas, la personne qui crée s'appuie sur des connaissances emmagasinées et fait la synthèse d'une nouvelle solution. Le processus de création est une forme avancée de différenciation de concepts d'ordre supérieur et de réconciliation intégrante. Ce processus dépend de la présence de faits et concepts d'ordre inférieur (l'équivalent des capacités mesurées avec les Q.I. et les tests standardisés) mais dépend de façon cruciale de l'aptitude et du penchant affectif de l'individu pour la structuration de concepts élevés d'ordre supérieur.

Malheureusement, ce sont la mémorisation des faits et l'acquisition de concepts spécifiques d'ordre inférieur que l'on considère comme importants, aussi bien lorsqu'il s'agit de les faire apprendre à l'école que lors des évaluations. Le résultat est que l'élève est découragé d'utiliser ses possibilités créatrices et l'on a souvent dit que l'école, telle qu'elle est actuellement, pousse les enfants à renoncer à toute création, surtout dans le domaine littéraire. Cependant, les concepts d'ordre supérieurs peuvent si bien faciliter un apprentissage significatif et l'acquisition de nouvelles connaissances que les "esprits créatifs" réussissent aussi bien que leurs camarades de classe à Q.I. élevé, même si l'on se réfère aux critères scolaires (Getzels et Jackson, 1962 et Terrance, 1962). On trouve également que l'apport créatif des scientifiques dans leur travail n'est pas du tout en corrélation avec les diplômes universitaires (Harmon, 1963) et que l'aptitude à utiliser des concepts d'ordre supérieur pour la résolution des problèmes de physique est en corrélation *négative* avec les tests du SAT [Scholastic Achievement Test](Thorsland et Novak, 1974).

Génétique et facteurs du milieu

Pendant des siècles, il y a eu controverse sur la question suivante : "Qu'est ce qui est le plus important : hérédité ou milieu ?" On sait maintenant que les deux sont importants. En fait, la plupart des gens (c'est-à-dire tous sauf ceux qui ont le cerveau lésé ou bloqué par des problèmes affectifs) sont capables d'apprendre la plus grande partie de ce qui est traité à l'école. Mais il y a des facteurs qui limitent la vitesse et qui sont liés aux caractères héréditaires du sujet, à son expérience antérieure et, de ce fait, l'adaptation à des différences dans les vitesses d'apprentissage est d'une importance décisive. C'est pourquoi on insistera plus loin sur l'importance d'approches individualisées dans l'enseignement. On sait aussi que les pratiques d'enseignement d'un niveau élevé entraînent généralement une plus grande hétérogénéité dans les résultats, si bien qu'on ne doit pas attendre d'un enseignement amélioré qu'il réalise un égalitarisme en matière d'éducation. On peut cependant espérer de chacun qu'il maîtrise un ensemble suffisamment large de concepts et de méthodes pour les utiliser afin que les activités humaines puissent avoir les bases rationnelles que Toulmin décrit dans *Human understanding.*

Apprentissage affectif

Contrairement à ce qui se passe pour l'apprentissage cognitif, la source d'information pour l'apprentissage affectif est l'individu lui-même. Cependant, il y a toujours une réponse affective qui accompagne l'apprentissage cognitif et ainsi on peut influencer l'apprentissage affectif, mais seulement de façon indirecte.

Une des réponses affectives les plus importantes est la réaction positive ressentie par un individu lorsqu'il reconnaît qu'il a bien assimilé une information nouvelle, en particulier quand cette acquisition permet de résoudre un problème. Cette réponse émotionnelle positive motive l'individu pour apprendre de nouveau et, à cause de son origine, on l'appelle motivation de réussite ou motivation liée à un

effort cognitif. On trouve également une forme de motivation de réussite quand une activité psychomotrice a été maîtrisée. Il y a d'autres formes d'expériences affectives qui ont pour conséquences la motivation et qui ne seront pas décrites ici : c'est la motivation de réussite qui permet l'auto-entretien de la motivation d'apprendre pour le plaisir d'apprendre.

Si l'on reconnaît que la motivation de réussite est une conséquence importante de l'enseignement, on est obligé de prendre en considération des méthodes d'enseignement qui ont le plus de chances de conduire à un apprentissage significatif. Comme on le verra plus loin, ce sera un facteur important pour organiser l'enseignement.

En plus des effets bénéfiques sur le plan affectif que provoque l'apprentissage organisé, on peut et doit chercher d'autres moyens de proposer une expérience affective positive aux élèves. Rogers (1969) et d'autres ont souligné que le professeur, dont les élèves considèrent qu'il accepte de se préoccuper de leurs intérêts et de leur valeur, peut avoir une influence fortement positive sur leur apprentissage cognitif et leur développement affectif. C'est un domaine où il y a de grands progrès à faire dans les écoles et les premiers cycles universitaires. Trop souvent, l'attitude autoritaire du professeur induit des réactions négatives de la part des élèves aussi bien à l'égard du professeur que de la discipline. Les élèves qui tentent de maintenir une image satisfaisante d'eux-mêmes sont contraints de repousser l'attaque contre cette opinion qui découle habituellement d'un enseignement autoritaire. Dans l'attitude de quelques écoles secondaires remarquables des Etats-Unis, Novak (1972) a montré une évolution vers des méthodes d'enseignement plus humanistes qui favorisent une coopération entre élèves et professeurs par une participation commune au choix du matériel d'enseignement et à l'évaluation des résultats. Rien ne remplace le professeur chaleureux, humain, accueillant pour permettre un développement affectif solide et positif des élèves.

Acquisition des jugements de valeur

L'acquisition des jugements de valeur fait partie à la fois de l'apprentissage cognitif et de l'apprentissage affectif ; cela est vrai aussi bien pour un individu que pour une société ou un groupe culturel. Cette définition des valeurs peut être considérée sous l'angle pratique, lorsqu'on observe comment s'est modifiée l'opinion de la société face à la grossesse et au contrôle des naissances, au moment de l'acquisition de nouvelles connaissances dans la seconde moitié du XIXe siècle. C'est parce que les valeurs de l'individu sont ancrées dans la totalité de ses expériences cognitives et affectives qu'il n'est pas facile de les modifier positivement ou négativement et la meilleure voie pour influencer les jugements de valeur de l'élève est de lui fournir des expériences organisées d'apprentissage cognitif où il réussisse ; par exemple, le meilleur moyen pour changer l'opinion des élèves à propos de l'importance du maintien de la qualité de l'environnement est de faciliter leur réussite dans l'acquisition des concepts importants pour comprendre la dynamique de notre environnement.

La sobriété de la théorie d'Ausubel

Il y a plus d'une douzaine de théories ayant trait à certains aspects de l'acquisition de connaissances. Celle d'Ausubel est caractérisée par la sobriété avec laquelle elle rend compte de la plupart des facteurs cognitifs[1] vraiment importants pour l'apprentissage à l'école. L'idée de base, c'est-à-dire la différenciation progressive des concepts dans la structure cognitive, et l'amélioration de l'apprentissage qui provient de ces concepts permettent d'expliquer la plupart des phénomènes qui devraient être au centre des préoccupations des enseignants, et ce, pour des élèves de tous les niveaux. Aucun autre cadre théorique n'est aussi simple et aussi complet. A partir de l'histoire des sciences, on sait que les théories les plus sobres sont généralement celles qui apportent le plus de connaissances nouvelles. Les progrès à propos de la théorie cellulaire et de l'ADN, structure moléculaire du gène, sont certainement deux exemples classiques en biologie d'explication concise de grande valeur.

Théorie concernant le curriculum et l'enseignement

Au cours des vingt dernières années, les principaux curriculums de biologie avaient mis l'accent sur la modernisation du contenu de l'enseignement et sur les méthodes par " découverte " ou par recherche. Il y a eu, c'est certain, des progrès énormes dans les connaissances en biologie. Cependant, remplacer la mémorisation des nerfs crâniens ou des caractéristiques des classes et des phylums végétaux et animaux par celle de la structure des amino-acides ou des définitions de termes nouveaux en écologie ou en neurobiologie ne constitue pas un progrès important pour la société, et si des raisons à priori suffisaient pour limiter l'approche par la " recherche " qui devait caractériser tous les travaux pratiques (encore que peu de classes la pratiquent de façon rigoureuse), on ne doit pas s'étonner des résultats décevants des nouveaux programmes (Travers, 1973, Novak 1974). Selon Novak, le principal défaut des anciens programmes d'enseignement a été le manque de soin pour préciser les concepts à enseigner et l'effort insuffisant dans le choix d'un matériel d'enseignement qui augmente au maximum les chances de l'élève de parvenir à un apprentissage significatif de ces concepts. La théorie moderne de l'apprentissage indique que l'acquisition de concepts doit être l'objet de toute l'attention, ce qui est conforme à la théorie de Johnson (1967) sur les curriculums et l'enseignement.

1. Une fois encore, il est important de noter que l'expérience affective des élèves est liée étroitement à l'importance de leur succès pour l'acquisition des connaissances. Ainsi, une théorie de l'apprentissage qui améliore la qualité de l'expérience dans le domaine cognitif a nécessairement des effets positifs sur l'expérience affective.

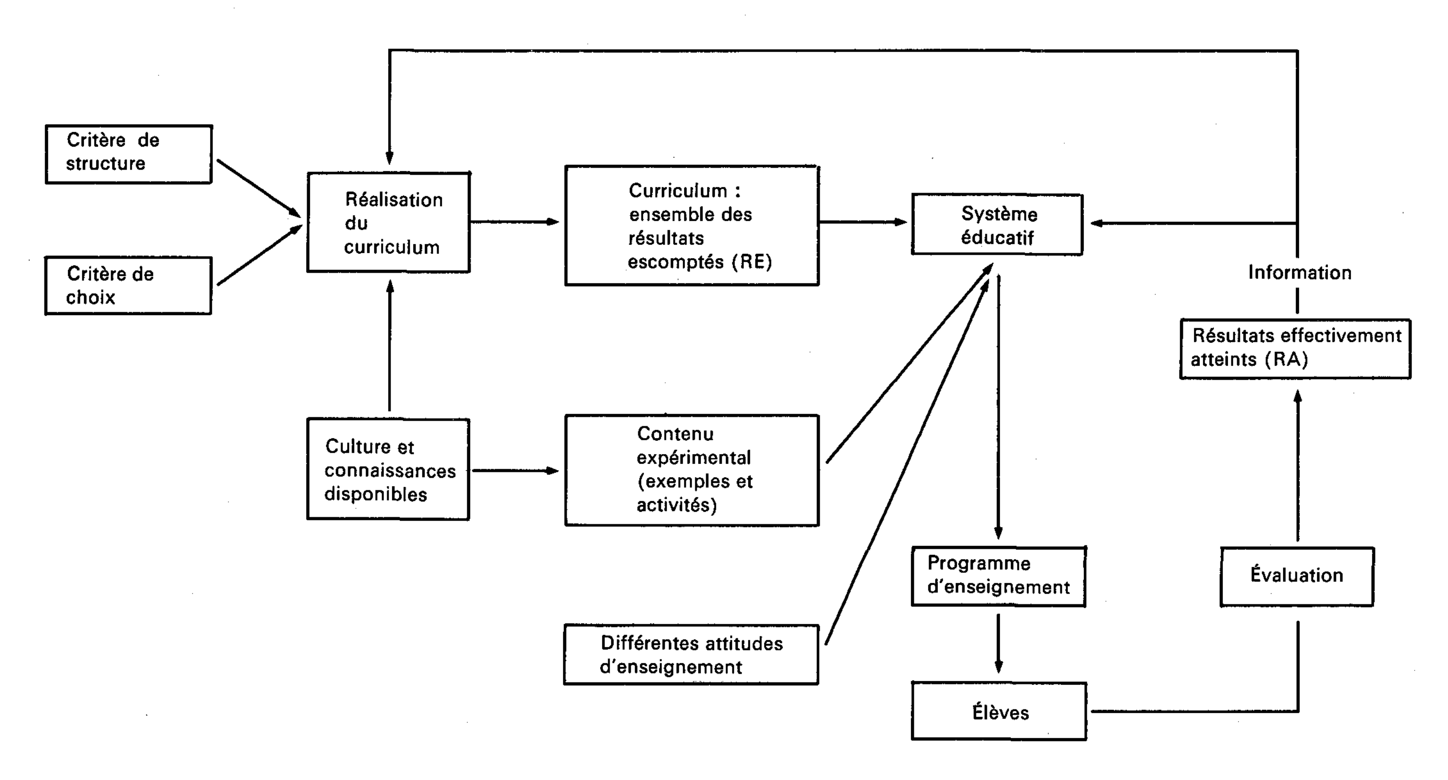


Fig. 2. Schéma simplifié du modèle de Johnson (1967), pour les curriculums et l'enseignement. Le système d'élaboration du curriculum (à gauche) est distinct du système d'enseignement. L'évaluation fournit des informations en retour qui permettent de savoir dans quelle mesure les résultats escomptés ont été effectivement atteints par les élèves. Le curriculum et le programme d'enseignement peuvent être modifiés conjointement.

Le schéma de Johnson concernant les curriculums et l'enseignement

Un des apports les plus importants des travaux de Johnson (1967) a été de distinguer deux aspects dans l'éducation : l'un consiste essentiellement à extraire les connaissances des disciplines, l'autre s'attache à les présenter aux élèves. Le premier, dont Johnson dit qu'il concerne le curriculum, regroupe les méthodes et les critères pour choisir et mettre en ordre les connaissances, les aptitudes à enseigner à un public donné, tandis que le second concerne l'enseignement et comprend le choix des meilleurs exemples, les façons d'enseigner et le cadre de l'enseignement. L'aspect le plus important de la réalisation d'un programme est la sélection et la mise en ordre des concepts à apprendre ; pour l'enseignement, ce sera de choisir les exemples ou les activités qui auront la plus grande signification pour le public auquel on s'adresse, c'est-à-dire, qui s'intégreront le mieux dans le cadre des concepts de leurs structures cognitives.

L'intérêt du schéma de Johnson est de nous permettre d'éviter le piège qui consiste à faire la confusion entre extraire des connaissances d'une discipline et choisir les bonnes approches pédagogiques. Souvent, dans le passé, on a prétendu qu'un concept était "trop difficile" pour une classe ou un groupe d'âge sous prétexte qu'une stratégie pédagogique donnée ou un ensemble d'exemples ne permettaient pas de le faire acquérir à la majorité de la classe. Un nombre croissant de faits montrent qu'il est possible d'arriver à un degré raisonnable d'apprentissage pour à peu près n'importe quel concept [1] si l'on offre les séquences d'enseignement qui conviennent et si l'on utilise des exemples et des activités se rattachant à l'expérience antérieure de l'élève.

Le travail de Piaget et de ses élèves a montré qu'il était difficile pour des enfants d'acquérir certains concepts abstraits avant l'âge de douze ou quatorze ans. Cela peut induire en erreur lorsqu'on en conclut que de jeunes enfants ne peuvent s'engager dans une pensée abstraite alors que cela n'est vrai que pour les types de concepts testés dans les interviews de Piaget – concepts qui demandent une large expérience antérieure et l'apprentissage de concepts d'ordre inférieur. Des études ont montré que 80 % ou moins d'une population d'adultes échouaient aussi dans ce genre d'exercices mais l'explication la plus simple n'est pas que ces adultes sont incapables de "pensée formelle", mais plutôt qu'il leur manque le cadre de concepts scientifiques convenables nécessaires pour réaliser ces tâches (Novak, 1974, 1975). La théorie d'Ausubel de la différenciation progressive et de la

1. On reconnaît maintenant que Bruner (1960) avait été trop catégorique, car ce n'est que dans certaines circonstances que n'importe quel sujet "peut être enseigné efficacement sous une forme honnête du point de vue intellectuel à n'importe quel enfant et ce, à n'importe quel stade de développement".

réconciliation intégrante dans la structure cognitive rend bien compte à la fois du fait que certains adultes ne sont pas capables de reconnaître la "conservation des poids et des volumes" et du fait que de jeunes enfants sont capables d'y réussir ainsi que de satisfaire à d'autres formes de pensée.

Le modèle d'Ausubel explique bien comment les concepts spontanés sont appris mais aussi comment on peut modifier l'enseignement pour augmenter l'acquisition des concepts scientifiques dans une discipline.

La figure 2 représente schématiquement les idées clés de Johnson. Les préoccupations concernant le curriculum sont indiquées dans la moitié gauche du diagramme et les préoccupations pédagogiques sur la droite. L'évaluation fournit l'information en retour qui permet de modifier à la fois le curriculum et la pédagogie et d'apporter à l'élève l'information nécessaire.

Le rôle des concepts dans l'enseignement de la biologie

A partir de la théorie de l'apprentissage d'Ausubel et de l'épistémologie de Toulmin, on voit que l'apprentissage des concepts est fondamental pour que s'établisse une compréhension du monde biologique. On peut utiliser avec profit le schéma de Johnson concernant le curriculum et l'enseignement pour distinguer, d'une part, la réalisation du curriculum qui comprend la sélection des concepts dans la biologie et, d'autre part, celle de l'enseignement pour lequel on choisit des exemples et des activités riches de signification. Par exemple, le concept de la cellule est l'un de ceux qu'on peut enseigner à n'importe quel niveau; cependant, l'habileté manuelle des jeunes enfants est telle qu'on ne leur fait pas utiliser les microscopes avant l'école moyenne. Il y a aussi des limites pratiques liées au financement de l'enseignement des sciences à l'école élémentaire et à l'aptitude du maître moyen à guider l'étude de la cellule. On voit donc que l'étude du concept cellule est renvoyée à plus tard et ce pour des difficultés pédagogiques et non à cause des capacités limitées des élèves: les parents qui ont acheté des microscopes à de jeunes enfants le savent bien. Même au niveau du premier cycle des facultés, les concepts de cellules comme systèmes hautement organisés et contrôlés de transfert d'énergie se développent lentement grâce à des expériences soigneusement choisies.

Vygotsky (traduit du russe en 1962) fait la distinction entre les concepts "spontanés" que les enfants acquièrent au cours de la maturation normale et les concepts "scientifiques" appris de façon formelle, en général à l'école. Cela a été une cause de controverse, mais la mort de Vygotsky en 1934 marqua la fin de ses travaux tandis que Piaget est encore en activité aujourd'hui; tous deux étaient nés en 1896. La plupart des éducateurs adeptes des théories de Piaget ne reconnaissent pas la distinction importante existant entre l'acquisition des concepts spontanés et celle des concepts scientifiques.

Cet exemple du concept de cellule montre également que la connaissance est organisée de façon hiérarchique. La figure 3 montre quelques-uns des concepts de rang inférieur et quelques-unes des relations entre concepts. Pour la plupart des séquences d'enseignement, il vaut mieux commencer par le concept général de plus grande portée; la raison en est que ce concept général peut souvent être relié à des concepts existant dans la structure cognitive de l'élève, surtout si l'on utilise des "ponts cognitifs" soigneusement choisis. On pourrait commencer l'étude par la couleur verte évidente de la plupart des plantes et passer à une succession de questions et d'observations pour voir que le pigment vert est contenu dans des organites (chloroplastes) contenus dans des cellules et que les chloroplastes servent à transformer l'énergie lumineuse. Si l'on devait suivre le modèle d'apprentissage de Gagné (1970), on commencerait à vrai dire par le concept le plus petit, le plus spécifique pour aller vers le plus général. Il est évident que c'est rarement une façon de progresser rapidement au travers d'un programme, mais on doit reconnaître que la différenciation progressive et la réconciliation intégrante des concepts exigent qu'on aille aussi bien des concepts les plus généraux vers ceux qui le sont moins que dans la direction inverse, au cours de la planification des séquences d'enseignement (fig. 4).

Les études de laboratoire et sur le terrain jouent des rôles importants dans l'enseignement de la biologie. Tout d'abord, il faut des expériences avec des objets concrets pour élaborer les concepts primaires, c'est-à-dire pour donner une signification à des concepts comme cellule, mitochondrie, photosynthèse, tampon, chaîne alimentaire et végétation climatique. Dès que ces concepts primaires sont posés avec un certain degré de différenciation cognitive, on peut les utiliser dans de nouvelles combinaisons pour former des concepts secondaires par exemple: écosystème, évolution et métabolisme. Piaget a insisté avec raison sur l'importance, pour les enfants, de "la réalisation effective d'expériences", mais une telle expérience est nécessaire à tous les niveaux d'âge chaque fois que de nouveaux concepts primaires doivent être acquis. Cependant, les enfants plus âgés exigent une expérience nettement moins concrète que ceux de l'école élémentaire puisqu'ils ont eu auparavant une gamme étendue d'expériences; grâce à cela, ils peuvent discerner les caractères essentiels des événements ou des objets nécessaires à la réalisation d'un concept primaire. Il est vrai, bien sûr, que cette "sophistication" apparente est parfois irréelle et l'on constate alors que des élèves de la fin du secondaire ou des étudiants dans le premier cycle des universités réussissent moins bien que des enfants lorsqu'on leur donne le matériel duquel ils doivent tirer le sens des concepts primaires. Le résultat est que leurs concepts primaires, comme les concepts secondaires qui en dérivent, sont faussés et que cela peut perturber l'apprentissage et/ou les résolutions de problèmes.

Le second but important des études de laboratoire et de terrain est qu'on ne peut organiser facilement ce type d'expérience en vue de contrôler le sens donné aux concepts. A mesure qu'on leur présente de nouveaux objets ou de nouveaux exemples de phénomènes biologiques, les

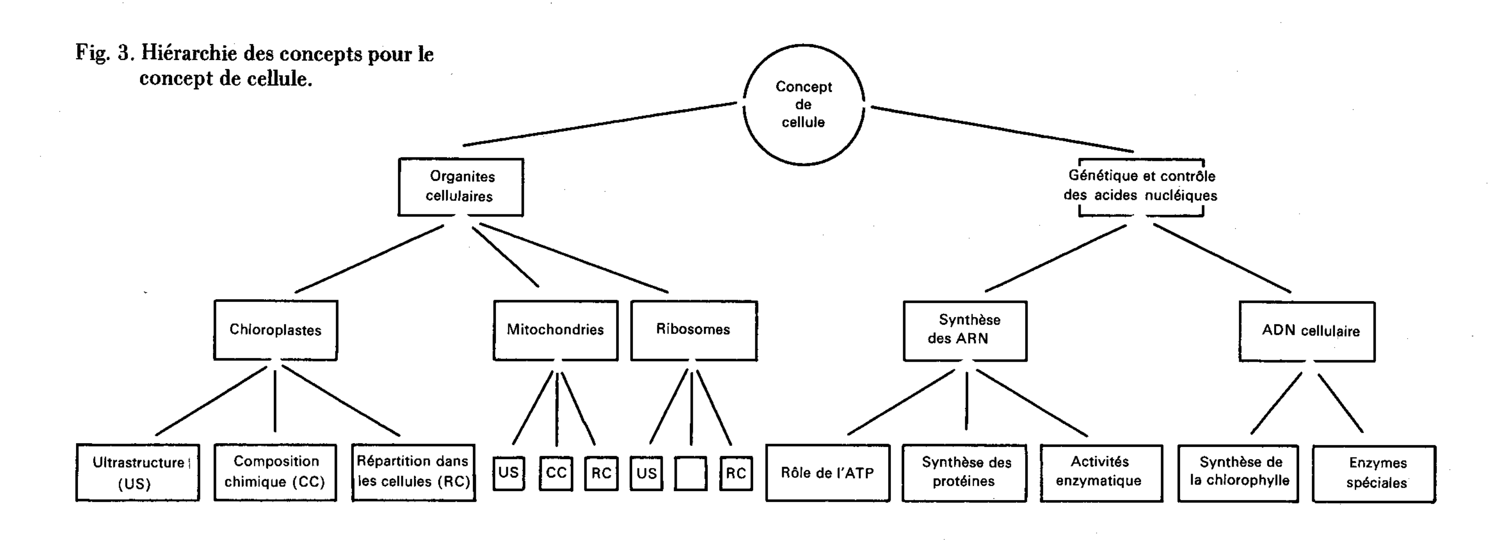


Fig. 3. Hiérarchie des concepts pour le concept de cellule.

Fig. 4. Schéma de la hiérarchie des concepts (lettres) montrant les phases successives de l'enseignement (nombres) pour arriver à une différenciation progressive des concepts d'ordre supérieur et la réconciliation intégrante des concepts.

Premier élément d'instruction ou passerelle cognitive

Exemple spécifique du concept plus général

Liaison avec un autre exemple spécifique

étudiants ont la possibilité non seulement de poursuivre la différenciation des concepts, mais encore d'en vérifier la clarté et le sens. Les projets nationaux de curriculums mettent l'accent, à juste titre, sur le rôle important que jouent les études de laboratoire et de terrain pour l'enseignement de la recherche (Schwab, 1962) et la résolution de problèmes, mais ils ne savent pas dégager le rôle fondamental de l'apprentissage des concepts duquel dérivent tous les autres comportements souhaités.

En troisième lieu, les expériences de laboratoire et de terrain ont un rôle important grâce aux échanges qui peuvent se manifester à l'intérieur du groupe et entraîner une amélioration de l'état affectif et l'acquisition coordonnée de valeurs positives. Cependant, ces aspects ne sont pas spécifiques du travail de laboratoire et de terrain : ce dernier fournit simplement des occasions rêvées pour favoriser des réponses affectives positives lorsqu'elles sont organisées avec talent. Comme le développement affectif et l'apprentissage des valeurs ont pris une place croissante dans les écoles, il est vraisemblable qu'on verra le rôle important des expériences de résolution de problèmes liés au travail de laboratoire et de terrain en ce qui concerne le développement d'attitudes et de jugements de valeur positifs.

Un exemple particulier de l'application de la théorie

D'après la théorie de l'apprentissage d'Ausubel, tout l'effort de l'enseignement doit donc se porter sur les concepts. Il est important, pour chaque leçon, de tenir compte de ce que l'élève sait déjà, c'est-à-dire des concepts qu'il a déjà acquis et qui concernent un nouvel apprentissage, ainsi que du stade de différenciation ou de développement de ces concepts. Les professeurs doués savent cela intuitivement. Une des approches utilisées par l'un d'entre eux est de présenter certains phénomènes ou certains objets et de demander aux élèves : "Que savez-vous à ce sujet ? ". Explicitement, on trouve les étapes suivantes :

1. Montrer les événements (objets, ou phénomènes) ;
2. Demander aux élèves ou leur faire noter ce qu'ils observent (identifier les faits appropriés) ;
3. Expliquer ce qui se passe (introduire les concepts qui expliquent la répétitivité dans les faits observés).

Pour utiliser un exemple familier aux biologistes, prenons la mise en évidence du dégagement des bulles à partir d'un pied d'Elodée dans un tube à essais renversé avec de l'eau et une source lumineuse d'intensité variable. Les élèves observent les " événements " qu'ils notent :

1. Plante verte (immergée dans l'eau, dans le tube à essais renversé) ;
2. Montée des bulles ;
3. Eau ;
4. Lumière blanche d'intensité variable ;
5. Davantage de bulles si davantage de lumière.

Ensuite, on leur demande de voir parmi les concepts qu'ils possèdent ceux qui expliquent "ce qui se passe ici" ; cela peut se faire au cours d'une séance d'enseignement avec discussion et on pourra noter au tableau :

	Faits	*Concepts explicatifs*
1.	Plante verte	Les plantes vertes sont capables de photosynthèse
2.	Bulles	Certains gaz, comme l'oxygène, ne sont pas très solubles dans l'eau (concept de solubilité)
3.	Les bulles montent	Les gaz sont moins denses que les liquides (concept de densité)
4.	Le nombre	L'intensité photosynthétique dépend de l'intensité lumineuse
5.	Les bulles sont rondes	Des forces de cohésion et hydrostatiques interviennent

Certains élèves suggéreront qu'on voit des bulles d'oxygène monter dans le tube à essais. On doit leur demander : "Comment le savez-vous ? " Assurément, ils ne peuvent pas savoir que les bulles sont de l'oxygène par la simple observation des événements. Ils déduisent qu'il s'agit de bulles d'oxygène en ayant recours aux concepts connus, c'est-à-dire au fait que la photosynthèse a pour résultat la production d'oxygène et que l'oxygène est peu soluble dans l'eau. Bien sûr, il se peut que certains élèves ne sachent pas ou ne se rappellent pas que les plantes libèrent de l'oxygène au cours de la photosynthèse. Certains peuvent poser des questions sur l'origine de l'anhydride carbonique par exemple et se demander si le CO_2 peut ou non s'épuiser à un moment donné. On peut aborder une discussion sur les facteurs limitants et cela en soi est un concept important et pertinent. Il est clair d'après ce qui précède qu'une discussion autour de cette seule expérience peut apporter beaucoup à un professeur (et aux élèves) pour préciser clairement quels sont les concepts que ceux-ci possèdent déjà concernant les études sur le métabolisme des végétaux ou, plus spécifiquement, la photosynthèse, et également pour avoir une idée du stade de différenciation de ces concepts. Les élèves voient-ils les rapports entre les concepts notés plus haut et voient-ils comment les concepts expliquent les événements qu'ils observent ?

On peut continuer à poser des questions sur le taux de production des bulles quand la température s'élève ou s'abaisse (concept d'activité enzymatique), sur ce qui se passe lorsqu'on passe d'une lumière blanche à une lumière rouge ou bleue (concept d'énergie lumineuse apportée par les photons dans les différentes zones du spectre), d'où vient l'oxygène (concept de photolyse), la forme du CO_2 dans l'eau (concept d'ionisation et d'équilibre), etc. Puisque les connaissances scientifiques forment un tout (c'est-à-dire appartiennent au même ensemble de structures conceptuelles reliées entre elles dans la structure cognitive), on peut, à partir d'une bonne démonstration toute simple, explorer le cadre des connaissances scientifiques des élèves. Il faut qu'ils sachent cela aussi et qu'ils voient comment l'extension de la compréhension d'un concept ou d'un ensemble de concepts (c'est-à-dire dans un apprentissage significatif) influence le développement et l'usage qu'on peut faire d'une zone beaucoup plus grande que la pensée cognitive. Dans cet exemple, les principes d'Ausubel sur la différenciation progressive de la structure cognitive et sur la réconciliation intégrante des concepts sont appliqués.

D'après l'exemple précédent, il devient évident que la plupart des professeurs, les manuels et les programmes font peu de choses pour rendre explicites les concepts nécessaires pour interpréter les événements et les relations complexes qui existent entre les concepts. C'est souvent l'inverse qui se produit lorsqu'on accorde une importance excessive à l'observation des phénomènes et aux méthodes pour les noter. Dans l'enseignement de la biologie, on met rarement l'accent sur le fait que c'est avec les concepts que nous pensons, qu'on doit les développer et les utiliser pour expliquer les éléments constants dans nos observations.

Accablés par une grande quantité d'observations, de disciplines ou de définitions, la plupart des élèves ne trouvent pas d'autre solution que d'apprendre par cœur, autant qu'ils peuvent. La succession observation-mémorisation-contrôle-oubli devient pratique courante plutôt qu'observation-utilisation des concepts-interprétation-mise en relation avec des concepts plus vastes-résolution de problèmes

(Novak, 1970). L'enseignement et l'étude de la biologie tels qu'ils sont pratiqués dans de nombreuses facultés et écoles sont très inférieurs à ce qui pourrait être réalisé si l'on commençait à appliquer la théorie d'Ausubel sur l'acquisition des connaissances.

Si l'on passe au modèle de Johnson pour la construction des curriculums et pour l'enseignement (1967), l'exemple pris permet d'illustrer l'importance de la distinction entre la tâche qui consiste au niveau du curriculum à choisir les concepts à enseigner et celle du choix des exemples et des stratégies au niveau de l'enseignement. Couramment, on considère l'exemple de "l'Elodée dans un tube à essais plein d'eau" comme une démonstration du concept de photosynthèse. Pourtant cet exemple fait intervenir en même temps un grand nombre d'autres concepts. Ce ne sera une bonne illustration de la photosynthèse que si les élèves ont déjà atteint un certain degré de maîtrise des autres concepts. De la même façon, une feuille de Colens exposée à la lumière ne permet d'illustrer l'accumulation de l'amidon (à partir de la photosynthèse) que si d'autres concepts ont été compris à un certain degré. Le choix d'exemples permettant l'enseignement des concepts et l'ordre dans lequel ces exemples seront présentés supposent donc toute une série complexe de décisions avec, pour beaucoup, une part considérable d'essais et d'erreurs. C'est l'une des raisons pour laquelle l'approche de l'enseignement à partir de discussions peut être utile. Les méthodes d'enseignement individualisé qui permettent une certaine souplesse dans le choix du matériel d'enseignement, en faisant varier les temps d'études et en permettant l'aide d'un conseiller, représentent une voie pleine de promesses permettant de tirer le meilleur parti de nos connaissances sur l'enseignement et l'apprentissage (Postlethwait *et al.*, 1972). Les modules d'instruction (Creager et Murray, 1972) deviendront sans aucun doute une méthode d'approche de l'enseignement de la biologie de plus en plus appréciée quand leur conception tiendra compte des considérations théoriques présentées ici.

Résumé et recommandations

L'apprentissage des concepts est l'aspect le plus important pour concevoir un enseignement efficace de la biologie. Tout en considérant que les développements affectif et émotionnel sont importants, on peut dire que cette forme d'apprentissage est largement liée à l'acquisition de connaissances et a des chances d'être positive et valorisante pour l'individu si les expériences d'acquisition de connaissances sont positives. Les jugements de valeur sont définis comme ayant des composantes issues des domaines cognitifs et affectifs et de ce fait dérivent de ces derniers.

On a abordé le rôle central joué par les concepts pour la société et l'on a discuté ce que Toulmin (1972) a appelé *human understanding.* les concepts évoluent, c'est une de leurs caractéristiques, et il est également important que les élèves l'apprennent. On peut utiliser un parallèle entre l'évolution des concepts scientifiques et l'ontogenèse des concepts chez un élève lorsqu'il acquiert de nouvelles méthodes d'étude et de nouvelles informations pour illustrer la nature changeante de la pensée humaine, sa dépendance vis-à-vis des cadres conceptuels existants et l'important apprentissage affectif ou émotionnel qui l'accompagne. La théorie de l'apprentissage de David Ausubel (1968) peut être utilisée comme un modèle explicatif utile pour orienter l'enseignement de la biologie. Un nombre croissant d'études empiriques vient appuyer l'importance qu'il donne au rôle central de l'acquisition des concepts dans l'apprentissage significatif et la résolution des problèmes (Novak, 1974).

Au cours des efforts réalisés pour concevoir des curriculums de biologie, jusqu'à maintenant, on n'avait pas distingué la phase où l'on extrait les connaissances à partir des disciplines considérées, de celles de la conception de l'enseignement ou du choix d'exemples spécifiques pour illustrer les concepts et les méthodes de recherche en biologie. Le modèle de Johnson (1967) pour le curriculum et l'enseignement fournit une base à la fois théorique et fonctionnelle pour l'amélioration des programmes en biologie. Avec la théorie de l'apprentissage d'Ausubel, il existe maintenant, selon Novak, une base théorique convenable pour conduire des expériences d'apprentissage, pleines de promesses pour les élèves.

Il est important de noter pour terminer qu'il faut non seulement revoir complètement les cours de pédagogie pour y incorporer les connaissances nouvelles sur la théorie de l'apprentissage et celle de l'enseignement, mais il faut réorganiser aussi les cours de sciences fondamentales donnés aux professeurs. A tous les niveaux d'enseignement, il est nécessaire de mettre explicitement l'accent sur l'organisation conceptuelle des connaissances et d'incorporer ce qui est connu en vue de faciliter l'acquisition des concepts. Il est également important de développer une meilleure recherche fondée sur de saines théories, car il reste beaucoup de questions sans réponse à propos du processus complexe d'élaboration de l'enseignement et d'amélioration des milieux d'apprentissage, que représentent la conception de l'enseignement et l'amélioration de tout ce qui entoure l'apprentissage.

Bibliographie

Ausubel, D.P. The use of advance organizers in the learning and retention of meaningful verbal material. *Journal of educational Psychology*, vol. 51, 1960, p. 267-272.

—. Evaluation of the BSCS approach to high school biology. *American biology teacher*, vol. 28, 1966, p. 176-186.

—. *Educational psychology : a cognitive view.* New York, Holt, Rinehart & Winston, 1968.

Bacon, Sir Francis. *Advancement of learning, Novum Organum and New Atlantis.* William Benton, Publisher. Chicago, London, Toronto, Encyclopaedia Britannica, 1952.

Block, J.H. (ed.) *Mastery learning: theory and practice.* A l'appui des documents choisis par Peter W. Airasiah, Benjamin Bloom et John Carroll. New York, Holt, Rinehart & Winston, 1971.

Bloom, B. S. Learning for mastery. *UCLA evaluation comment,* vol. 1, nº 2, 1968, p. 1.

Bruner, J. R. *The process of education.* New York, Vintage Books, Random House, 1960.

*Brush, S. G. Should the history of science be rated X? *Science,* vol. 183, nº 413, 1974, p. 1164-1172.

Conant, J. B. *On understanding science.* New Haven, Yale University Press, 1947.

*Creager, J. G. ; Murray, D. L. *The use of modules in college biology teaching.* Washington, D.C., Commission on Undergraduate Education in the Biological Sciences, 1972.

Darwin, F. *The life and letters of Charles Darwin.* New York, D. Appleton and Company, 1897.

Flavell, J. H. *The developmental psychology of Jean Piaget.* Princeton, D. Van Nostrand Company, 1963.

Gagné, R. M. *The conditions of learning.* New York, Holt, Rinehart & Winston, 1965, 1970.

Galton, F. *Hereditary genius* (2e éd.). London, Macmillan & Company, 1892.

*Getzels, J. W. ; Jackson, P. W. *Creativity and intelligence: explorations with gifted students.* New York, John Wiley & Sons, 1962.

Gubrud, A. ; Novak, J. D. Learning achievement and the efficiency of learning the concept of vector addition at three different grade levels. *Science education,* vol. 57, nº 2, 1973, p. 179-191.

*Harmon, L. R. The development of a criterion of scientific competence. Dans : Calvin, W. Taylor ; Barron, Frank (eds). *Scientific creativity: its recognition and development,* 44-52, New York, John Wiley and Sons, 1963.

Hilgard, E. R. ; Bower, G. H. *Theories of learning.* New York, Appleton-Century-Crofts, Meredith Publishing Company, 1966.

Haun, Robert R. (ed.) *Science in general education.* Dubuque, Iowa, Wm. C. Brown, 1960.

Hurd, Paul De Hart. *Biological education in American secondary schools 1890-1960.* Baltimore, Md., Waverly Press, 1961.

Johnson, M., Jr. Definitions and models in curriculum theory. *Educational theory,* vol. 17, nº 2, 1967, p. 127-140.

Kuhn, T. S. La structure des révolutions scientifiques. Paris, Flammarion, 1972.

Mager, R. F. *Preparing objectives for programmed instruction.* San Francisco, Fearon Publishers, 1962.

McGrath, Earl J. (ed.) *Science in general education.* Dubuque, Iowa, Wm. C. Brown, 1948.

Novak, J. D. The role of concepts in science teaching. Dans : Klausmeir ; Harris, C. W. *Analysis of concept learning.* New York, Academic Press, 1966.

—. A case study of curriculum change-science since PSSC. *School Science and Mathematics,* vol. 69, 1969, p. 374-384.

*—. *The improvement of biology teaching.* New York, Bobbs-Merrill and Company, 1970.

*— ; Ring, D. G. ; Tamir, P. Interpretation of research findings in terms of Ausubel's theory and implications for science education. *Science education,* vol. 55, nº 4, 1971, p. 483-526.

—. *Facilities for secondary school science teaching: evolving patterns in facilities and programs.* Washington, D.C., National Science Teachers Association, 1972.

—. *A summary of research in science education – 1972.* Columbus, Ohio, ERIC Science, Mathematics and Environmental Education Information Analysis Center, 1974.

—. Education : theory and practice. Cornell University, 1974. 600 p. (Multigraphié.)

*—. *A theory of education.* Manuscrit non publié, 1975.

Pearson, K. *The grammar of science* (2e éd.). London, Adam & Charles Black, 1900.

Piaget, J. *Le langage et la pensée chez l'enfant.* Neufchâtel, Delachaux et Niestlé, 1956.

—. *Logic and psychology.* Manchester, Manchester University Press, 1953. 48 p. (en anglais seulement).

— ; Inhelder, B. *La représentation de l'espace chez l'enfant.* Paris, PUF, 1948.

Popper, K. R. *The logic of scientific discovery.* New York, Basic Books, 1934, 1959.

*Postlethwait, S. N. ; Novak, J. D. ; Murray, H. *The audio-tutorial approach to learning.* Minneapolis, Minn., Burgess, 1972.

*Ring, D. G. ; Novak, J.D. The effects of cognitive structure variables on achievement in college chemistry. *Journal of research in science teaching,* vol. 8, nº 4, 1971, p. 325-333.

Rogers, C. R. *Freedom to learn.* Columbus, Ohio, Charles E. Merrill Publishing Company, 1969.

Schawb, J. J. ; Brandwein, P. F. *The teaching of science.* Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1962.

Skinner, B. F. *The behaviour of organisms: an experimental analysis.* New York and London, D. Appleton-Century Company, 1938.

*Thorsland, M. N. ; Novak, J. D. The identification and signification of intuitive and analytic problem solving approaches among college physics students. *Science education,* vol. 58, nº 2, 1974, p. 245-265.

Terrance, E. P. *Guiding creative talent.* Englewood Cliffs, N.J., Prentice-Hall, 1962.

*Toulmin, S. *Human understanding.* Vol. I : *The collective use and evolution of concepts.* Princeton, N.J., Princeton University Press, 1972.

Travers, Robert M. (ed.) *Second handbook of research on teaching.* Chicago, Ill., Rand McNally & Company, 1973.

Vygotsky, L. S. *Thought and language.* Traduit et édité par E. Hanfmann et G. Vakar, Cambridge, Mass., The MIT Press, 1962.

Watson, J. D. *La double hélice.* Ediscience, 1970.

* L'astérisque signifie que l'ouvrage auquel il est fait référence, traite tout particulièrement du sujet de ce chapitre et le développe de façon importante.

Influence des nouveaux équipements et moyens techniques d'enseignement sur l'enseignement de la biologie

Depuis les années soixante, des tendances nouvelles dans l'enseignement de la biologie se sont développées dans la plupart des pays (voir le chapitre : " L'évolution et l'évaluation des nouveaux cours pour l'enseignement secondaire de la biologie "). On ne peut les ignorer sans risquer une présentation strictement technique des équipements, anciens ou récents, alors qu'un examen de la littérature mondiale montre une volonté d'adapter et de soumettre l'emploi de ces moyens à des finalités pédagogiques précises.

Pendant longtemps l'enseignement de la biologie est demeuré un enseignement rigide et dogmatique. Le professeur transmettait des connaissances élaborées à des élèves dont le rôle se réduisait à comprendre et à mémoriser, l'ensemble de la classe progressant au même rythme suivant un programme établi par le professeur ou des autorités administratives.

Cette pédagogie a sensiblement évolué mais de façon très inégale selon les pays et, dans chaque pays, selon les établissements ou les professeurs. L'introduction de méthodes actives impliquant une participation plus effective de l'élève aux activités de la classe a modifié sensiblement la forme de l'enseignement de la biologie. Le professeur suscite, de façon plus ou moins directive, l'intervention et l'activité des élèves ; les exercices de laboratoire sont développés et la distinction entre le cours et les travaux pratiques s'atténue et tend même à disparaître. Il demeure, cependant, que les élèves d'une même classe travaillent selon un programme d'études commun et à un rythme identique. Le professeur reste le maître du jeu et une directivité stricte persiste malgré une participation accrue des élèves.

Dans le cours des années soixante et soixante-dix une nouvelle étape dans l'évolution de l'enseignement de la biologie a été franchie. De nombreux enseignants ont pris conscience que la classe traditionnelle n'est pas un ensemble homogène : les aptitudes, les motivations, la vitesse dans l'acquisition des connaissances, les modes de structuration du savoir diffèrent selon les sujets. L'enseignement de la biologie s'est alors orienté vers un enseignement à la fois individualisé et indépendant, laissant à chaque élève, ou petit groupe d'élèves, la liberté de progresser à son rythme et selon une démarche qui lui est propre. L'élève est ainsi amené à prendre en charge sa propre éducation scientifique, non plus en suivant un programme linéaire centré sur la seule acquisition de connaissances factuelles, mais en partant de problèmes biologiques précis qu'il se pose et qu'il s'efforce de résoudre lui-même.

Une telle évolution de l'enseignement de la biologie, plus ou moins prononcée selon les pays, a été accompagnée, à des degrés divers, d'un changement sensible dans l'emploi des équipements et moyens techniques dont disposent aujourd'hui les enseignants.

D'une façon générale, deux niveaux peuvent être distingués dans l'utilisation de ces équipements.

Le premier niveau se caractérise par le fait que la technologie est définie en tant qu'auxiliaire qui a pour principal objet de fournir du matériel et des services à la demande du maître. L'enseignement est ainsi enrichi et complété par toute une gamme de media ; des innovations récentes comme l'enseignement assisté par ordinateur et la télévision peuvent être utilisées à condition qu'elles ne modifient pas profondément l'organisation établie de la classe et des programmes.

Le second niveau se caractérise par une application systématique de l'audio-visuel et de la technologie de l'éducation en vue de la réalisation d'un certain nombre d'objectifs : favoriser l'attitude critique de l'élève en présentant le savoir à l'aide d'un support qui ne s'identifie pas au maître et qu'il apprend à maîtriser ; libérer si possible les maîtres de la tâche de transmission de l'information au profit des tâches d'animation et de formation.

Ainsi la technologie de l'enseignement se trouve engagée dans des utilisations nouvelles par des conceptions pédagogiques modernes qui souvent remettent en question les objectifs pédagogiques, les programmes, les fonctions du personnel enseignant et l'organisation même de la classe.

Les tendances nouvelles de l'enseignement de la biologie et l'architecture des locaux d'enseignement

Dans les établissements équipés pour un enseignement traditionnel articulé en cours et travaux de laboratoire, la surface réservée à l'enseignement de la biologie est encore souvent répartie en salles de cours et en salles de travaux pratiques, ou laboratoires, aménagées avec des paillasses fixes. Lorsque la distinction entre cours et exercices de laboratoire tend à disparaître, la salle de cours est plus spécialement réservée aux synthèses et remises en ordre des résultats obtenus au laboratoire. Cette disposition des locaux est rigide et ne permet qu'une adaptation très limitée à de nouvelles formes d'enseignement.

L'orientation vers un travail indépendant des élèves a conduit à une conception entièrement nouvelle de l'architecture des locaux d'enseignement. On a dû en effet tenir compte des divers types d'activités des élèves, menées parfois simultanément, qu'implique cette pédagogie rénovée :

Etudes expérimentales poursuivies par de petits groupes d'élèves et pouvant porter sur des thèmes différents ;

Travaux de documentation devant être réalisés sur place, au cours même des recherches expérimentales ;

Entretien d'élevages et de cultures nécessaires aux travaux de recherche des équipes ;

Mises au point et synthèses regroupant les petites équipes de travail.

Les locaux d'enseignement réalisés dans plusieurs pays, en tenant compte des nécessités pédagogiques précédemment décrites, montrent tous un éclatement de la classe traditionnelle. Salles de cours et salles de travaux pratiques ont disparu pour laisser la place à des structures ouvertes, larges surfaces peu ou pas cloisonnées, dans lesquelles sont aménagés des secteurs d'activité, les élèves circulent librement d'un secteur à un autre : secteur expérimental, fichiers documentaires et bibliothèque, secteur des cultures et élevages, surface aménagée pour les exposés de synthèse, etc. Le mobilier, y compris les paillasses, n'est pas fixe, ce qui permet de modifier aisément la structure générale en fonction des besoins.

Ces structures nouvelles ont une caractéristique essentielle : une très grande souplesse, qui rend possible à tout moment leur adaptation à de nouvelles exigences pédagogiques et crée ainsi les conditions matérielles favorables aux activités autonomes des élèves.

Une excellente illustration de ces structures ouvertes est donnée par un certain nombre de publications, comme : ***Facilities for secondary school science teaching. Evolving patterns in facilities and programs,*** de Novak (1972) ; ***Propositions relatives à l'architecture des salles de sciences naturelles,*** de Giordan, ***Planning in the science center,*** de Harding *et al.*, ***The design of biology laboratories for Asian second level schools,*** de Sharma *et al.*, etc.

Ces installations modernes, parfois luxueuses, peuvent paraître inaccessibles aux possibilités budgétaires de nombreux pays. Cela est exact mais il n'en demeure pas moins vrai que des locaux, même modestes, s'ils sont conçus pour ne pas figer l'enseignement dans une forme traditionnelle se révéleront à terme d'une efficacité bien supérieure à celle d'installations plus coûteuses mais rigides qui interdisent ou limitent l'innovation pédagogique.

Les enseignants pratiquant une pédagogie où l'autonomie de l'élève est privilégiée sont unanimes à considérer que des structures ouvertes, flexibles, constituent une condition préalable à l'efficacité de cette conception moderne de l'éducation scientifique.

Les équipements de base et l'activité scientifique de l'élève

Pour apprendre la science il faut travailler comme un scientifique et le lieu de travail du scientifique est le laboratoire et le terrain. Le travail du scientifique demande des équipements ; les activités scientifiques concrètes des élèves, manipulations et expériences, exigent aussi un minimum d'équipement scientifique.

Des outils, ou du matériel non vivant, nécessaires aux observations et aux expériences sur le vivant : instruments de dissection, loupes et microscopes, appareils de récolte d'animaux et de plantes, aquariums et terrariums, appareils de physiologie tels que myographes, cardiographes, produits chimiques, verrerie, etc.

Du matériel vivant (animaux et plantes), récolté dans la nature, élevé et cultivé dans la classe ou sur un terrain réservé à cet effet dans l'enceinte de l'établissement.

Ces équipements sont indispensables quelle que soit la pédagogie adoptée (enseignement traditionnel ou plus moderne). En leur absence, l'enseignement de la biologie n'est qu'une formulation de connaissances uniquement orale ou livresque, dont la valeur éducative est à peu près nulle.

Si dans de nombreux pays ces équipements fondamentaux sont à la disposition des élèves, et parfois très largement, il en est d'autres où de nombreux établissements scolaires, en particulier ceux de l'enseignement élémentaire et ceux du premier cycle de l'enseignement secondaire, surtout en zone rurale, en sont totalement dépourvus. Les possibilités financières des établissements, ou des Etats qui les gèrent, ne leur permettent pas, malgré les sacrifices financiers consentis par ailleurs au système éducatif, de fournir aux élèves un minimum vital en équipement scientifique. Il s'agit là d'une situation grave et d'un véritable défi à enseigner correctement la biologie avec rien ; avant d'introduire dans certains pays des techniques d'enseignement sophistiquées et parfois très onéreuses, peut-être serait-il souhaitable de dégager, en priorité, des solutions efficaces, peu coûteuses et rapidement applicables, à ce problème. On peut envisager, par exemple :

1. La diffusion dans les pays intéressés des recherches effectuées par certaines institutions ou par des enseignants isolés pour mettre au point un matériel d'enseignement varié et peu coûteux, matériel pouvant être construit par un

professeur même passablement doué pour le bricolage. Le *Guidebook to constructing inexpensive science teaching equipment* de Lockard (1972) présente des techniques simples de fabrication de nombreux outils et appareils satisfaisant à tous les besoins d'un enseignement actif de la biologie (quatre-vingt-dix matériels sont décrits). Les *Principes de la méthodologie pour les classes du premier cycle* de Terrible (1967) illustrent, à l'aide de quelques exemples, comment on peut construire des appareils scientifiquement valables avec des produits de récupération : bouteilles en matière plastique, emballages divers, vieilles planches, étuis et réservoirs de stylo à bille, morceaux de tôle, fils de fer, etc. Une large diffusion de ces procédés, une incitation des professeurs à les utiliser et à en imaginer d'autres, permettraient peut-être de pallier l'absence de moyens qui hypothèque si lourdement l'enseignement de la biologie dans certains pays en développement.

2. La création de centres d'équipement scientifique, nationaux ou régionaux, où seraient construits en série des matériels peu coûteux mais nécessitant un outillage que ne possèdent pas nécessairement les établissements scolaires. Par ailleurs, une production locale éviterait que des moyens financiers, déjà très réduits, ne soient utilisés, comme cela est parfois le cas, à l'achat dans les pays industrialisés de matériels onéreux, d'un entretien difficile et très souvent inadaptés aux besoins locaux.

La présence d'êtres vivants dans le milieu scolaire, leur utilisation dans l'enseignement de la biologie sont des nécessités évidentes pour la formation scientifique des élèves et leur éducation générale. Mais des conceptions divergentes apparaissent, selon les pays, à propos de l'utilisation pédagogique des êtres vivants pour la formation scientifique des jeunes élèves.

La relation élève-matériel vivant qui permet l'acquisition de connaissances et le développement d'un comportement scientifique n'est pas conçue de façon identique par tous les enseignants. Pour les uns, considérant à la suite de Piaget que l'enfant passe par un certain nombre de stades d'acquisition liés à une expérience directe et totalement indépendante, le jeune élève doit être mis en présence d'êtres vivants nombreux et variés sans qu'il y ait un " enseignement " proprement dit. La présence permanente d'êtres vivants dans la classe doit permettre à l'élève d'acquérir directement, à partir de son expérience personnelle, un certain nombre de concepts. Pour les autres, faisant confiance à une pédagogie plus traditionnelle, la participation du maître, sous une forme directive ou non, est nécessaire à l'acquisition d'un savoir structuré. Un enseignement de la biologie doit donc être prévu et organisé pour les jeunes élèves, l'activité libre de l'élève, bien que nécessaire, ne paraissant pas suffisante pour une éducation scientifique cohérente.

Si les enseignants sont malgré tout unanimes à considérer que la présence d'êtres vivants dans le cadre de la vie scolaire représente un bénéfice certain pour l'élève, les tendances diffèrent au niveau de la mise en pratique. Doit-on faire entrer au maximum animaux et plantes dans la classe, cadre de vie de l'élève, ou doit-on essayer de faire sortir au maximum les élèves de la classe pour qu'ils trouvent à l'extérieur, dans la nature, ce contact avec les êtres vivants ? Là encore les opinions divergent sensiblement.

L'utilisation des êtres vivants [1], quelles que soient les méthodes pédagogiques adoptées, conduit à poser de nouveau un problème envisagé en partie précédemment, celui de l'architecture des locaux d'enseignement qui devrait être adaptée à cette utilisation. La littérature mondiale ne fournit guère d'informations sur les problèmes posés et sur les solutions proposées (voir cependant *Facilities for secondary school science teaching* de Novak). Ces problèmes peuvent se grouper sous deux rubriques générales : ceux qui concernent les installations spécialisées à l'intérieur des locaux scolaires, ceux qui se rapportent à des aménagements réalisés à l'extérieur de ces locaux.

1. Comment sont organisés, lorsqu'ils existent, les lieux où sont réalisés des élevages et des cultures à l'intérieur des bâtiments scolaires ? La disposition de ces lieux, leur relation avec les autres structures d'enseignement sont-elles favorables aux méthodes modernes d'enseignement de la biologie et compatibles avec une activité autonome de l'élève ? Des élevages et des cultures expérimentales conduits par les élèves peuvent-ils être maintenus pendant plusieurs jours, voire plusieurs semaines, et sous quelles conditions ?, etc.

2. Existe-t-il dans l'enceinte de l'établissement, mais à l'extérieur des bâtiments, des surfaces de terrain mises à la disposition des professeurs et des élèves pour y réaliser des cultures expérimentales ? Un " jardin sauvage " (avec ou sans bassin), où la flore et la faune évoluent librement, a-t-il été réservé ? Quelles sont les caractéristiques de ces surfaces et quelles difficultés rencontre-t-on pour leur attribution aux professeurs de biologie ?, etc.

Des éléments de réponse à ces questions permettraient de mieux définir les besoins en équipements adaptés à l'utilisation des êtres vivants et les solutions qui permettraient de les satisfaire.

L'évolution de l'utilisation des techniques audio-visuelles dans l'enseignement de la biologie

Ces techniques sont multiples et variées. La parole du maître, le livre, le tableau noir sont les plus anciennes et toujours en usage. Mais depuis la fin du XIXe siècle et le début du XXe, la photographie, le cinéma, la radiodiffusion, la télévision ont offert, à un rythme accéléré, de nouveaux moyens d'information et de communication devant lesquels

1. Volontairement, les techniques de capture ou de récolte des êtres vivants de leur élevage ou de leur culture, ainsi que l'utilisation du matériel vivant pour l'étude de thèmes précis n'ont pas été abordées dans ce chapitre. On trouvera une documentation précise sur ces sujets dans l'ouvrage de Wray (1974), *Recommended practice for school relating to the use of living organisms and material of living origin*, et dans celui de Deunff, *Activités scientifiques d'éveil pour les enfants de 5 à 11 ans.*

l'enseignement et en particulier l'enseignement de la biologie n'ont pu demeurer étrangers.

Les auxiliaires visuels courants dans l'enseignement de la biologie

Les auxiliaires visuels, dont certains sont relativement peu coûteux, sont d'un usage courant, tout au moins dans les pays développés, et quelle que soit la pédagogie adoptée (enseignement traditionnel par classes groupées ou enseignement individualisé). Il s'agit principalement des tableaux muraux (posters), du rétroprojecteur se substituant au tableau noir, des photographies sur papier, des diapositives, des films de 16 mm ou 8 mm, muets ou sonores, des videocassettes qui tendent à remplacer les films cinématographiques, etc.

Ces auxiliaires sont des substituts visuels de la réalité, ou des procédés d'analyse de la réalité, dont l'emploi n'est acceptable que lorsque les objets réels ne peuvent être mis à la disposition des élèves. D'une façon générale, l'emploi des moyens visuels s'impose lorsque le message à transmettre ne peut effectivement l'être que par ces moyens. Les images fixes (photographies, diapositives) permettent de présenter des objets qui ne peuvent être directement observés ou, en concentrant l'attention des élèves, d'analyser les détails d'une organisation dont l'étude immédiate est délicate. Les films sont irremplaçables pour l'analyse des phénomènes dynamiques, en particulier l'emploi du ralenti cinématographique (déplacements d'animaux) ou de l'accéléré cinématographique (croissance et mouvements des plantes) permet seul une connaissance des mouvements dont la vitesse naturelle, trop rapide ou trop lente, interdit pratiquement l'analyse.

Par son coût relativement peu élevé, sa qualité technique et sa grande souplesse d'emploi, le film de 8 mm et surtout le film super 8 mm sont de plus en plus utilisés alors que le film de 16 mm l'est de moins en moins. En particulier l'emploi des films en super 8 mm ne présentant qu'un seul phénomène (*single concept film*), généralement muets et d'une durée réduite (de 3 à 6 minutes), tend à se généraliser. Le *single concept film* qui peut être rapidement vu plusieurs fois avec, si besoin est, arrêt sur une image fixe, est fréquemment utilisé comme une donnée proposée à l'étude active des élèves tout comme serait étudié un objet biologique réel.

L'intérêt de ces techniques visuelles dans l'enseignement de la biologie n'est contesté par personne. Néanmoins, des enquêtes menées dans certains pays développés ont montré un véritable gaspillage financier par l'installation d'équipements raffinés ne transmettant que des messages médiocres ou plus simplement des informations qu'auraient pu apporter des moyens moins onéreux (un simple tableau noir par exemple). Ce mauvais usage d'une technologie, déjà regrettable dans les pays industrialisés, revêt un caractère de plus grande gravité dans ceux dont les ressources financières consacrées à l'enseignement sont limitées.

L'enseignement individualisé de la biologie par l'emploi de media multiples *(audio-tutorial system)*

C'est dans les pays anglo-saxons (Etats-Unis, Royaume-Uni, Australie, etc.) que l'utilisation maximale des media dans une perspective de travail autonome des élèves a été la plus poussée, principalement au niveau universitaire et au niveau du second cycle de l'enseignement du second degré.

Cette forme nouvelle d'enseignement de la biologie, développée à partir de l'expérience de Postlethwait et de ses collègues à la Purdue University, est connue sous le nom d'*audio-tutorial system* (ATS). L'ATS fut conçu et mis en place pour un enseignement de biologie végétale par Postlethwait pour faire face, d'une part, à un grand nombre d'étudiants dont l'encadrement dépassait les possibilités du corps enseignant et, d'autre part, à l'hétérogénéité de l'ensemble de ces étudiants quant à leurs connaissances de base en biologie. Il fut ensuite étendu à d'autres universités ainsi qu'à certaines classes du second cycle de l'enseignement du second degré.

Ce type d'enseignement, parfaitement individualisé, est basé sur l'emploi de media multiples (enregistrement sur magnétophone, diapositives, films 8 mm ou videocassettes, livres-guides) qui apportent à chaque étudiant l'information scientifique et le guidage pour les activités pratiques (observations, travaux de laboratoire et même exercices sur le terrain). La présentation de l'organisation générale d'un enseignement par ATS permet de mieux en comprendre les caractéristiques.

Le cours est fragmenté, programmé, en une suite de "modules" ou "mini-cours", d'une durée réduite, et correspondant chacun à un thème précis. Pour chaque "module", les étudiants participent à trois sortes d'activités.

1. Un travail indépendant en cabine audio-visuelle (une cabine ne peut être occupée que par un étudiant à la fois). L'équipement de la cabine, utilisé librement, comprend généralement un magnétophone avec écouteurs, qui transmet le cours et le guidage pour l'emploi des autres media et pour les exercices pratiques, une visionneuse de diapositives, un projecteur de film 8 mm ainsi qu'un matériel d'observation et d'expérience.

Pour chaque module, un livre-guide est mis à la disposition des étudiants mais la continuité du travail est essentiellement maintenue par les commentaires donnés par le magnétophone.

Un aspect important de l'ATS est l'extension qui est faite de l'emploi du matériel vivant, facilement accessible aux étudiants. Ce qui permet une intégration complète des travaux expérimentaux et de l'information théorique.

La durée du travail indépendant en cabine est variable et laissée à la discrétion de l'étudiant ; elle est en moyenne de quatre heures par semaine pour un module.

2. Des sessions en petits groupes rassemblant une dizaine d'étudiants et un enseignant (une session par semaine d'une dirée d'une heure). Il s'agit de séminaires où sont échangées des idées, des questions et leurs réponses relatives à l'étude en cabine d'un module.

3. Des sessions générales, regroupant plusieurs centaines d'étudiants et un enseignant, réservées à des mises au point générales et à des synthèses.

Cette forme d'enseignement supportée par des media multiples présente des avantages certains, mais également un certain nombre d'inconvénients. Pour les avantages, les plus souvent cités dans la littérature sont les suivants :

1. L'étudiant est autonome et travaille à son propre rythme. Le système permet la répétition des informations audio-visuelles selon les besoins particuliers de chaque étudiant.
2. L'apprentissage s'effectue par association d'idées, d'objets et de situations appropriées. Cette association est réalisée par le rassemblement dans la cabine de tous les objets, équipements scientifiques et moyens audio-visuels nécessaires à un enseignement particulier. Il en résulte un effet de renforcement qui rend l'enseignement plus efficace.
3. L'ATS permet le maximum d'intégration des activités d'apprentissage. L'enseignement n'est plus fragmenté en cours, travaux pratiques, exercices sur le terrain. Toutes ces activités sont simultanément impliquées et donc étroitement intégrées.

Les déficiences sont plus difficiles à discerner ; néanmoins, certaines d'entre elles sont aisément perceptibles.

1. Certains étudiants sont perdus dans la variété des équipements dont ils ne parviennent pas à maîtriser l'emploi et les combinaisons. D'autres trouvent pénible et monotone l'utilisation permanente du magnétophone.
2. La déficience la plus fondamentale est relative à l'intégration des connaissances acquises dans les divers modules en un ensemble synthétique et cohérent. Il est reproché au système de pulvériser les concepts et de rendre difficile l'accès aux idées générales et fondamentales.
3. Le système est coûteux : l'installation d'une cabine équipée revenait, en 1973, à environ 400 dollars.

L'efficacité de l'ATS et des systèmes proches a donné lieu à un certain nombre d'évaluations. Une première appréciation peut être portée à partir des réactions des enseignants et des étudiants. Elles sont en général favorables lorsque les programmes sont bien construits. Une évolution plus précise peut être obtenue en comparant les performances de deux groupes identiques quant au niveau intellectuel, dont l'un a reçu, sur le même thème, un enseignement médiatisé et l'autre, un enseignement conventionnel. Selon certains auteurs (Marinos et Lucas, 1971) aucune différence significative n'est observée entre les deux groupes, qu'il s'agisse de la maîtrise des connaissances ou de l'acquisition d'une meilleure compétence expérimentale. Pour d'autres, par contre (Meleca, 1970 ; Brewer, 1974), le groupe d'étudiants qui a suivi l'enseignement par ATS est supérieur au groupe témoin intellectuellement équivalent. D'une façon générale, les évaluations faites sont favorables à l'ATS sous la réserve que la programmation et l'emploi combiné des media soient parfaitement réalisés. Enfin, certains considèrent que malgré les qualités et l'efficacité de l'ATS, il serait dangereux d'en faire un mode fondamental d'enseignement de la biologie. Ses insuffisances qui sont reconnues doivent pouvoir être corrigées par d'autres types de formation. " L'ATS est une méthode d'enseignement, ce n'est pas la méthode d'enseignement " (Marinos et Lucas, 1971).

Radiodiffusion et télévision dans l'enseignement de la biologie

L'emploi de ces media, largement utilisés dans les pays industrialisés dans les années soixante, semble aujourd'hui en régression. La radiodiffusion et la télévision en circuit ouvert, nécessairement rigides et dogmatiques par nature, sont difficilement utilisables dans une pédagogie orientée vers l'autonomie de l'élève et l'individualisation de l'enseignement. Même la télévision en circuit fermé est parfois abandonnée : aux Etats-Unis plus d'une centaine d'écoles parfaitement équipées en matériel télévisuel n'utilisent plus cette forme d'enseignement. Elle demeure cependant étroitement intégrée à l'enseignement normal de la biologie dans certains pays mais uniquement semble-t-il dans des établissements expérimentaux (France).

Assez paradoxalement, radiodiffusion et télévision, malgré le coût élevé de l'installation et de la maintenance, trouvent une utilisation pleinement justifiée et efficace dans les pays en développement. L'insuffisance du nombre de professeurs convenablement formés, la nécessité de toucher non seulement les enfants scolarisés, mais aussi l'ensemble de la population lorsqu'il s'agit d'éducation générale (éducation sanitaire, par exemple), rendent nécessaire l'intervention de media à large diffusion. On ne doit pas oublier que dans bon nombre de ces pays, la presse est peu développée, parfois inexistante, et que très souvent la population présente un taux élevé d'illettrés. Par contre, les récepteurs de radio sont présents dans tous les villages et la radiodiffusion est souvent le seul moyen de communication et d'information.

Des cas précis d'utilisation systématique dans des pays en développement de la radiodiffusion et de la télévision pour l'enseignement de la biologie témoignent bien de l'efficacité réelle de ces media pour surmonter certaines difficultés dans l'enseignement de cette discipline. Ainsi, pour pallier l'insuffisance de la formation de certains professeurs, une expérience d'enseignement de la biologie radiodiffusée puis télévisée a été lancée à l'île Maurice depuis 1969. Les émissions radio ont été diffusées chaque jour en fin de matinée. Une enquête menée auprès des professeurs pour évaluer l'efficacité de ces émissions a révélé que les professeurs les ont très peu utilisées et certains les ont totalement ignorées. Les critiques les plus souvent exprimées portaient sur : *a*) l'absence de rapport entre le sujet des émissions et les programmes scolaires (30 % seulement de ces émissions étaient une production locale, le reste étant des émissions réalisées en Grande-Bretagne) ; *b*) la difficulté d'intégrer ces émissions dans l'emploi du temps des établissements, qui ne faisait pas nécessairement coïncider les horaires réservés à l'enseignement de la biologie avec ceux des émissions radiodiffusées.

Les émissions télévisées furent mieux accueillies par les professeurs. Leur production locale, bien adaptée aux thèmes étudiés en classe, aurait dû permettre un bon usage dans l'enseignement de la biologie. Malheureusement, ces émissions, diffusées le soir en dehors des heures de classe, n'ont été suivies que par 10 % seulement des élèves. Le support qu'elles pouvaient apporter à l'enseignement du maître était donc négligeable.

La participation de la radiodiffusion et de la télévision est dans certaines situations irremplaçables. Le cas de l'île Maurice, choisi parmi d'autres, révèle les difficultés d'une organisation et d'une réalisation efficaces. Une parfaite coordination entre les organismes de production et les utilisateurs implique à la fois la mise en place de centres de production spécialisés dans les émissions éducatives, une organisation scolaire adaptée à ce mode d'enseignement et des maîtres formés à une collaboration avec les producteurs d'émissions qui doivent être aussi des enseignants avertis.

Dans une situation pédagogique très différente, un autre exemple de l'efficacité d'un enseignement essentiellement supporté par la télévision nous sera fourni par l'Institut de technique agricole de Mostaganem en Algérie. Cet institut a été créé pour former, avant 1980, 5 000 à 6 000 techniciens des travaux ruraux, cadres agricoles indispensables à la réussite de la réforme agraire et dont la formation n'était pas assurée jusqu'alors. Pour cette raison cet institut a dû assurer un enseignement de masse en recevant chaque année une promotion de 500 puis de 1 000 élèves-ingénieurs. Des locaux ne permettant pas de rassembler plus de vingt-cinq élèves par salle disponible et un nombre très faible d'enseignants qualifiés interdisaient une formation traditionnelle. Un enseignement entièrement télévisuel, en circuit fermé, en alternance avec des stages en situation en zone rurale est apparu comme la seule possibilité d'assurer cette formation. Pour les promoteurs de la télévision, l'emploi de ces média répondait aussi à une intention pédagogique : il s'agissait en changeant radicalement le rapport maître-élèves de faire prendre en charge progressivement par ceux-ci leur propre formation, de façon responsable, pour qu'ils apprennent à collaborer entre eux et à maîtriser les différentes sources d'information. Bien qu'une évaluation de l'efficacité du seul support audio-visuel n'ait pas été faite, une évaluation globale de la formation de ces techniciens est fournie par les résultats à l'examen de sortie de l'institut. Le jury, composé de personnalités extérieures à l'institut, a refusé le diplôme à seulement 6 % des élèves. Cet enseignement médiatisé à grande échelle peut donc être considéré comme une réussite. L'envoi de nombreuses missions en Algérie par des pays dont le développement agricole est commandé par la possibilité de former en grand nombre des cadres efficaces sur le terrain, est aussi un témoignage en faveur de l'efficacité de ce type de formation.

Dans les pays où les structures éducatives sont très développées la radiodiffusion et la télévision constituent une forme d'appoint à l'enseignement normal. Mais dans ceux où un enseignement classique ne permet pas, par une insuffisance de moyens, de répondre à certains impératifs de formation, l'emploi de la radiodiffusion et de la télévision se révèle un outil efficace.

L'enseignement de la biologie assisté par ordinateur

Sous le nom d'enseignement assisté par ordinateur (*computer-assisted instruction* ou CAI) s'est développée, vers la fin des années soixante, aux Etats-Unis et plus modestement en Europe, une discipline aux orientations diverses qui ouvre un champ immense aux recherches et aux applications pédagogiques. Parmi les disciplines scientifiques, l'enseignement des mathématiques surtout, mais aussi celui de la physique et de la biologie ont donné lieu à des expériences d'enseignement utilisant les possibilités de l'ordinateur. Des programmes ont été mis au point et sont devenus opérationnels principalement dans les enseignements universitaires (sciences et médecine) mais également, dans quelques cas, pour ceux du second cycle de l'enseignement secondaire.

L'utilisation la plus simple consiste à l'employer comme machine à interroger et à corriger, l'enseignement traditionnel (cours, travaux de laboratoire) précédant son utilisation. L'ordinateur joue ici le rôle d'un examinateur et intelligemment, car il peut orienter et aider l'élève. Le dialogue est alors composé d'une suite programmée de questions permettant à chaque étudiant de contrôler et de renforcer ses connaissances (Andrieux, 1971). Cependant, le meilleur emploi de l'ordinateur est son utilisation pour enseigner réellement. Dans ce cas l'objectif principal n'est pas de transmettre des connaissances factuelles mais de réaliser un entraînement progressif de l'étudiant au raisonnement logique et à l'acquisition d'une méthodologie expérimentale. Dans ces conditions, l'emploi de l'ordinateur réalise une formation qui va à l'encontre de la tendance générale des étudiants, dans l'enseignement traditionnel, à mémoriser les faits, les concepts, et même les démonstrations expérimentales qui leur sont exposées. Celui qui apprend ainsi des démonstrations expérimentales, même s'il en a bien compris la logique, n'est pas pour autant formé à raisonner par lui-même.

Pour atteindre ces objectifs, les expériences analysées dans la programmation et leurs résultats sont présentés de telle sorte par la machine que l'étudiant ne peut se fier à sa seule mémoire pour y répondre. Du reste les expériences lui sont généralement inconnues, ce qui impose de raisonner sur leur déroulement, d'interpréter leurs résultats et d'en déduire les notions fondamentales qui sont à retenir. Ainsi Fiszer (1972, 1973) a-t-il axé un programme d'embryologie expérimentale sur l'acquisition de notions complexes telles que "pouvoir inducteur d'un tissu", "état de détermination ou de non-détermination d'un tissu", etc.

Un emploi de l'ordinateur, de haute valeur éducative, est la réalisation de simulations au cours desquelles l'étudiant conçoit librement des expériences, les soumet à l'ordinateur qui, en retour, fournit les résultats qualitatifs et quantitatifs dont l'exploitation et l'interprétation par l'étudiant sont ensuite validées ou critiquées par la machine. Les sciences biologiques les plus formalisées, génétique, écologie quantitative, se prêtent le mieux à ce mode d'utilisation

(Bitzer, 1974 dans *New trends in the utilisation of educational technology for science education,* Dean et Murphy, 1973 ; Labine et Wilson, 1973). Une bonne illustration d'un exercice de simulation est fournie par l'apprentissage des lois de Mendel, à l'aide de croisements simulés de drosophiles (Bitzer, 1974). Les croisements entre drosophiles sauvages et leurs divers mutants sont laissés à l'initiative de l'étudiant. Les produits obtenus apparaissent sur écran cathodique sous forme d'images construites par la machine ainsi que les résultats quantitatifs bruts. Un très grand nombre de croisements sont possibles, des plus élémentaires aux plus complexes. Les résultats figurés et numériques, ces derniers pouvant d'ailleurs varier si l'on répète la même expérience, sont le départ d'un travail actif d'exploitation statistique et d'interprétation de données brutes comme cela est le cas dans une situation de recherche réelle.

La simulation, qui exige un travail de programmation très poussé, est sans doute dans l'état actuel des recherches la forme d'enseignement qui permet d'atteindre des objectifs méthodologiques inaccessibles par d'autres moyens techniques d'enseignement.

Sans tenir compte des investissements et du coût de l'entretien et du fonctionnement des appareils, qui sont encore très élevés, doit-on penser à étendre l'emploi de l'ordinateur aux dépens des autres méthodes d'enseignement de la biologie ? Pour de nombreux enseignants, " il en résulterait un desséchement, un appauvrissement et une schématisation de la pensée ainsi que le risque de devoir réduire tous les phénomènes biologiques à un ensemble de notions très tranchées, classables en catégories rigides " (Fiszer, 1972). Les réalisations d'enseignement de la biologie assisté par ordinateur sont encore au stade expérimental et des possibilités nouvelles ne sont pas encore connues ou à peine explorées. Les ordinateurs seront sans doute de plus en plus utilisés dans l'enseignement mais pour la réalisation d'objectifs précis qu'ils permettront seuls d'atteindre, sans se substituer aux formes habituelles de l'enseignement.

Conclusions

Dans l'enseignement de la biologie les équipements techniques sont très inégaux selon les pays. Mais, quelles que soient la quantité et la nature des moyens offerts aux professeurs, leur emploi doit toujours être soumis à des objectifs pédagogiques et intégré dans un processus défini de formation (voir les chapitres : " L'évolution des buts et des objectifs de l'enseignement de la biologie " et " L'évolution du contenu biologique de l'enseignement primaire et secondaire du premier cycle "). En effet, leur utilisation variera sensiblement selon l'optique pédagogique retenue par le professeur.

Ainsi, dans une classe traditionnelle, l'équipement scientifique et les auxiliaires audio-visuels seront des moyens utilisés par le maître pour illustrer ou souligner les points importants au cours d'une présentation collective. Par contre, dans une classe où les élèves travaillent par équipes progressant selon une démarche qui est propre à chacune d'elles, tous les équipements sont à la disposition des élèves pour la conduite de leur recherche, qu'il s'agisse de l'outillage expérimental ou des moyens audio-visuels (les élèves peuvent choisir et consulter librement diapositives et films, par exemple). Une telle utilisation est bien différente de la précédente. Ici, c'est l'enfant qui choisit son moyen de travail et non le professeur. La tâche de celui-ci en est profondément modifiée ; il ne sélectionne plus le matériel qui lui convient et ne définit plus le moment et les modalités de son emploi. Par contre, il s'assure que la classe est équipée du matériel nécessaire mais surtout il guide les élèves dans l'utilisation de ce matériel, la collecte des résultats ou de l'information apportée par un media, l'exploitation qui peut en être faite, etc. En somme, c'est le choix des objectifs et de la méthode appropriée pour les atteindre qui déterminera l'utilisation des équipements et des moyens techniques d'enseignement.

Si dans certains pays, les établissements sont généralement pourvus d'équipements satisfaisants, y compris les plus modernes, il en est d'autres où le professeur ne dispose que d'un tableau noir. Il s'agit là d'un véritable défi : enseigner la biologie avec rien, mais le défi peut être relevé. Des objets usuels, des produits de récupération permettent des manipulations, des élevages et des cultures expérimentales d'une valeur formatrice réelle. Les exemples sont nombreux pour montrer qu'il n'est pas de situation de pénurie que la réflexion et l'imagination du professeur ne puissent surmonter. Le recours aux moyens modestes doit-il être seulement recommandé aux professeurs dépourvus d'équipement ? Il est remarquable que des maîtres disposant d'une technologie confortable l'abandonnent au profit de matériaux ordinaires avec lesquels les élèves construisent eux-mêmes leurs équipements nécessaires. Ces professeurs sont en effet convaincus que la conception, la mise au point, la réalisation par l'élève du dispositif expérimental qu'il a imaginé sont des éléments importants, peut-être irremplaçables, d'une formation scientifique efficace.

Par ailleurs, mais cela ne relève plus de la seule compétence du professeur, on peut souhaiter des programmes d'enseignement conçus en tenant compte de cette pénurie. Le milieu naturel, la communauté rurale où vit l'élève, par exemple, peuvent fournir des thèmes d'études impliquant un travail scientifique véritable sans pour autant exiger des équipements spécialisés et abondants.

On doit espérer cependant que les insuffisances graves ne sont que passagères. Dans la perspective d'équipements futurs, et en tenant compte des tendances actuelles dans l'évolution de l'enseignement de la biologie, il paraît souhaitable que la priorité soit accordée non à une technologie qui facilite le travail du professeur mais aux matériels et équipements de laboratoire, peu coûteux, qui permettent une réelle activité scientifique des élèves.

Le développement des équipements techniques et les tendances nouvelles de l'enseignement de la biologie ont déjà sensiblement modifié le rôle traditionnel du professeur dans quelques pays et l'on peut penser que ce changement s'accentuera dans les années à venir. Libéré en partie d'un certain nombre de ses fonctions actuelles, en particulier de

la présentation de l'information, considérée souvent comme le rôle essentiel du maître, il pourra se consacrer plus entièrement aux processus d'apprentissage et de formation des élèves, surtout lorsqu'il s'agit des jeunes élèves de l'école élémentaire ou du premier cycle de l'enseignement secondaire.

La formation des maîtres, initiale et continue, devra tenir compte de cette évolution. Sans aborder ce problème, qui est l'objet d'un autre rapport, on peut cependant évoquer les objectifs généraux d'une formation à la technologie de l'enseignement. Le maître de demain devra avoir une connaissance concrète de la technologie mais surtout de l'application de cette technologie à la pratique pédagogique. Il devra aussi posséder les qualités requises pour être en mesure de choisir, de modifier et même de concevoir un matériel adapté aux finalités de son enseignement.

Recommandations

Le contenu et la présentation des recommandations suivantes, en nombre volontairement limité, ont été orientés par les principes suivants :

L'emploi d'équipements, quel que soit leur degré de complexité technique, devrait être soumis à la réalisation d'objectifs et de méthodes d'enseignement clairement définis par le professeur ou une équipe de professeurs;

Une priorité devrait être donnée aux problèmes posés par l'enseignement de la biologie dans une situation de pénurie grave d'équipements ;

Une distinction doit être faite entre les recommandations adressées à des institutions internationales et celles présentées à des institutions nationales.

Au niveau international, on devrait mettre en place un système efficace de diffusion de l'information concernant des expériences d'enseignement de la biologie utilisant des équipements et moyens techniques variés mais surtout celles où l'intérêt est porté sur l'emploi d'équipements peu coûteux mais efficaces.

Pour les pays où les équipements scientifiques des écoles sont encore insuffisants, on devrait encourager, au niveau régional, une réflexion pouvant aboutir à la conception de programmes tenant compte de ces insuffisances. Le milieu naturel, la communauté rurale où vit l'élève peuvent, par exemple, fournir des thèmes d'étude, d'une réelle valeur formatrice, n'exigeant pas, ou peu, d'équipements spécialisés.

L'établissement de centres régionaux (ou ceux déjà existants) permettrait, parmi leurs activités de développer la conception, voire la réalisation d'équipements peu coûteux et adaptés aux besoins locaux.

Au niveau national, une partie de l'enseignement de la biologie, la plus grande possible, devrait être assurée sous la forme de travaux de laboratoire. Cette nécessité reconnue devrait être prise en compte dans les plans de construction et d'équipement des écoles.

Tous les enfants des milieux urbains devraient avoir un contact avec la nature, d'une part à l'extérieur de l'école, sous la forme de sorties ou de classes de nature et, d'autre part, à l'intérieur de l'école, par l'accès à un "coin nature" (jardin cultivé et jardin sauvage) spécialement réservé et, si besoin est, aménagé pour cet usage.

Bibliographie

Adamson, H. ; Mercier, F. V. A new approach to undergraduate biology. II. Kits and the open laboratory for internal students. *Journal of biological education*, vol. 4, 1970, p. 167-176. Description de l'adaptation des équipements et du fonctionnement d'un laboratoire ouvert pour l'enseignement expérimental de la biologie.

Andrieux, B. ; Anxolabehere, D. ; Daugeras, N. ; Fiszer, J. ; Lanthier, M. ; Periquet, G. Une expérience d'enseignement de biologie assisté par ordinateur à la Faculté des sciences de Paris (PCEM). *Tendances nouvelles de l'enseignement de la biologie* (Unesco), vol. III, 1971, p. 43-67.

Binder, A. L'usage des auxiliaires audio-visuels au cours de sciences naturelles. *Rayonnement,* bulletin de l'Institut national supérieur de recherche et de formation pédagogiques (Tananarive), vol. 1, 1968, p. 29-34.

Brewer, I. M. An audio-visual method of teaching and learning in biology. *The forum of education*, vol. 30, nº 1, 1971. Description de l'adaptation de la méthode A.T. à l'Université de Sydney.

—. Recall, comprehension and problem solving. *Journal of biological education*, vol. 8, 1974, p. 101-112. Evaluation d'une méthode A.T. pour l'enseignement de l'anatomie végétale.

Dean, P. G. ; Murphy, P. J. An application of computer simulation to the teaching of the genetics in the upper secondary school. *Journal of biological education*, vol. 7, 1973, p. 25-30. Description d'un exercice dans lequel les élèves utilisent un ordinateur pour simuler la réalisation d'une carte génétique. L'exercice est conçu pour amener les élèves à comprendre les concepts de *linkage* et de *crossing over.*

Debrune ; Faure, C. ; Valérien, J. Les techniques audio-visuelles dans l'enseignement des sciences naturelles. *Tendances nouvelles de l'enseignement de la biologie* (Unesco), vol. II, 1969, p. 218-230. Présentation des techniques audio-visuelles et de leurs possibilités d'emploi dans l'enseignement de la biologie.

Deunff, J. *Activités scientifiques d'éveil pour les enfants de 5 à 11 ans.* OCDL, 65, rue Claude-Bernard, 75005 Paris. Ce livre, en langue française, présente les résultats les plus significatifs des travaux du projet "Nuffield Junior Science". Dans la première partie sont exposées les bases de la philosophie de l'éducation des membres de l'équipe Nuffield et leur interprétation en termes pratiques. La seconde partie rend compte de la réalisation de certains thèmes d'étude en biologie et en physique, et donne de nombreuses informations et idées pour la réalisation en classe d'élevages et de plantations.

Dowdeswell, W. H. Inter University Biology Teaching Project. *Journal of biological education*, vol. 4, 1970, p. 197-203. Contribution de la Fondation Nuffield à l'auto-enseignement dans les universités britanniques par l'emploi des moyens audio-

visuels modernes et des techniques de l'enseignement programmé.
—. Independant learning and biology teaching in Britain and the U.S.A. *Journal of biological education,* vol. 7, 1973, p. 815. Le projet inter-universités d'enseignement de la biologie (IUBIP) en Grande-Bretagne est présenté ainsi que plusieurs programmes d'auto-enseignement qui ont été développés dans les universités américaines. Les avantages et les inconvénients des enseignements médiatisés sont discutés ainsi que les développements futurs de ce mode d'enseignement.

Druger, M. Using media to individualize biology teaching. *The Australian science teaching journal,* vol. 16, 1970, p. 17-21. L'auteur décrit une expérience conduite à l'Université de Syracuse avec l'emploi de magnétophones pour l'enseignement de la biologie en première année universitaire. Les objectifs, le contenu de l'enseignement, les avantages et les inconvénients de la méthode sont discutés.

Fiszer, J. *The use of a computer in teaching biology. Current trends at the OPE Laboratory* (Paris). International Congress " Lehrsysteme 72 ", Berlin, 1972.

—. Possibilités, rôle, limites de l'utilisation de l'ordinateur dans l'enseignement des sciences biologiques. *Problèmes de l'enseignement programmé,* p. 113-123 (en russe). Editions de l'Université de Moscou, 1973.

Giordan, A. Propositions relatives à l'architecture et l'équipement des salles de sciences naturelles. *Bulletin de liaison du premier cycle. Biologie-géologie.* INRDP, 29, rue d'Ulm, 75005 Paris.

Guild, W. J. Putting visual aids into perspective. *New trends in biology teaching. Tendances nouvelles de l'enseignement de la biologie* (Unesco), vol. III, 1971, p. 221-227. Présentation des divers auxiliaires visuels, leurs caractéristiques, leur utilisation.

Hansen, D. N. ; Harvey, W. L. Impact of CAI on class room teachers. *Educational technology,* vol. 10, 1970, p. 46-48. L'évolution du rôle du professeur entraînée par le développement de l'enseignement assisté par ordinateur est présentée.

Harding, D. E. ; Volker, R. P. ; Fagle, D. L. Planning a science center. *Tendances nouvelles de l'enseignement de la biologie* (Unesco), vol. III, 1971, p. 104-123.

Harris, B. R. Broadcasting and the teaching of science in secondary schools. *The school science review,* vol. 53, 1971, p. 5-13. Discussion de la contribution de la télévision à l'enseignement des sciences. L'article concerne presque uniquement les sciences physiques.

Host, V. *L'Institut de technique agricole de Mostaganem. Rapport de synthèse.* Paris, INRDP. Analyse d'un enseignement pour techniciens agricoles en Algérie basé sur la télévision en circuit fermé.

Hyer, A. L. L'utilisation de la technologie de l'enseignement et des media dans les écoles américaines et son effet sur le rôle de l'enseignant. *L'enseignant face à l'innovation.* Vol. I : *Rapport général.* Paris, OCDE, 1974.

Kahle, J. B. ; Nordland, F. H. Experience with AT shared by in-service, preservice teachers. *The American biology teacher,* vol. 34, n° 9, 1972, p. 520-522. Description sommaire des caractéristiques principales d'un programme médiatisé pour la formation à l'enseignement individualisé des professeurs.

Kelly, P. J. ; Wray, J. D. The educational uses of living organisms. *Journal of biological education,* vol. 5, 1971, p. 213-215.

Kooi, B. Y. ; Geddes, C. The teacher's role in computer assisted instructional management. *Educational technology.* vol. 10, 1970, p. 42-45. On envisage comment le professeur améliore ses procédés d'enseignement lorsqu'il travaille seul ou lorsqu'il est assisté par un ordinateur.

Labine, P. A. ; Wilson, D. M. A teaching model of population interactions : An Algae-Daphnia Predator System. *Bio-science,* vol. 23, 1973, p. 162-167. Description d'un modèle de simulation assistée par un ordinateur. Les problèmes que les étudiants doivent résoudre sont décrits.

Ledvinka, F. The film in biological instruction and in scientific information. *New trends in biology teaching* (Unesco), vol. II, 1969, p. 231-247.

Lockard, J. D. *Guidebook to constructing inexpensive science teaching equipment.* Science Teaching Center, University of Maryland (Collège Park), vol. I, 1972 (Biology).

Mackay, A. G. An experiment using television. *A science bulletin,* vol. 18, p. 21-25. Evaluation d'un enseignement programmé basé sur un enseignement télévisuel (video-tape). Cette forme d'enseignement est efficace avec des étudiants avancés mais défavorables aux étudiants faibles.

Marinos, N. G. ; Lucas, A. M. An assessment of audio-tutorial teaching of a plant physiology course. *Journal of biological education,* vol. 5, 1971, p. 109-113. Il est conclu que la méthode AT est aussi efficace que la méthode conventionnelle d'enseignement dans la transmission des connaissances et le développement des concepts.

Meleca, C. B. Multiple linear regression analysis : Results and discussion II. *Bio-science,* vol. 20, 1970, p. 26-30.

Meyer, G. R. The role of audio-tutorial in technical education. *The Australian technical teacher,* vol. 1, n° 1, 1969. Présentation de la méthode audio-tutoriale et son adaptation à un thème d'étude impliquant des travaux sur le terrain.

—. Science by radio and television in a developing country : Mauritius, comme exemple. *The Australian science teachers journal,* vol. 16, 1970, p. 1-7.

— ; Postlethwait, S. N. Australian high schools use audio-tutorials in field biology. *The American biology teacher,* vol. 32, 1970, p. 96-101. La première partie de l'article décrit le changement des programmes et des méthodes dans l'enseignement de la biologie dans les écoles secondaires de la Nouvelle-Galles du Sud. La seconde partie présente l'application du système audio-tutorial à l'enseignement d'un thème comprenant un travail important sur le terrain.

—. Modern science curricula implemented through the multimedia approach. *The Australian science teachers journal,* vol. 18, n° 4, 1972, p. 51-58.

New trends in the utilization of educational technology for science education. Unesco, 1974, 248 p. Cette publication récente de l'Unesco est une mise au point très complète de l'état actuel de l'utilisation de la technologie éducative dans l'enseignement des sciences. Bitzer, L. D. ; Sherwood, B. A. ; Tenczar, P. Computer-based science education, p. 18-31. Leith, G. O. M. Programmed learning in science education, p. 34-48. Valérien, J. The use of television in science teaching, p. 54-64. Ball, J. C. H. The use of radio in science education, p. 70-90. Berman, A. J. Learning media : theory, selection and utilization in science education, p. 102-138. Kaye, A. R. ; Pentz, M. J. Integrated multi-media systems for science education which achieve a wide territorial coverage, p. 144-177. Postlethwait, S. N. ; Mercer, F. V. Integrated multi-media systems for science education, p. 186-214. Perlberg, A. Educational technology in the professional training of science teachers, p. 222-236. Raw, J. Educational technology applied to the learning of science in developing countries, p. 242-245.

Nishimoto, M. Mass media technique in the teaching of school biology. *Second Asian Regional Conference on School Biology,* 1968, p. 38-39 et 315-318. Les avantages et les inconvénients de la radiodiffusion et de la télévision éducatives sont discutés.

Novak, J. D. *Facilities for secondary school science teaching. Evolving patterns in facilities and programs.* Washington, D.C., National Science Teachers Association, 1972. Dans cet important ouvrage, l'auteur présente l'évolution de l'enseignement de la biologie et les transformations consécutives de l'aménagement des locaux d'enseignement, de l'équipement scientifique et de l'emploi des moyens audio-visuels.

Postlethwait, S. N. Teaching tools and techniques. An audio-tutorial approach to teaching. *Pacific speech,* vol. 1. 1967, p. 57-62.

— ; Novak, J. ; Murray, H. T. Jr. *The audio-tutorial approach to learning.* 2nd ed. Minneapolis, Burgess Publishing Company, 1969. Ouvrage fondamental qui présente les fondements, la réalisation, les résultats d'un *audio-tutorial system* appliqué à l'enseignement de la biologie à la Purdue University. L'appli-

cation de cette méthode à l'école élémentaire et à l'école secondaire est suggérée.

Ramsay, H. P. The demonstration laboratory teaching aid in biology. *Journal of biological education*, vol. 7, 1973, p. 19-24. Présentation de l'organisation et de l'équipement d'une salle de démonstration pour l'enseignement de la biologie.

Sharma, S. S. ; Vidkery, D. J. *The design of biology laboratories for Asian second level schools.* Asian Regional Institute for School Building Research, Colombo-Sri Lanka, 1969. L'étude conclut à la nécessité de construire des locaux qui permettent l'expérimentation individuelle ou en groupe, des démonstrations et une utilisation des moyens audio-visuels. Ce qui conduit à transformer la salle de classe en laboratoires équipés d'éléments mobiles et à abandonner la salle de cours.

Sutton, R. A. A slide-tape kit for self-teaching situation. *School science review*, vol. 187, 1972. p. 376-379.

Terrible, M. *Principes de méthodologie pour les classes du 1er cycle.* Paris, Editions de l'Ecole, 1967. Petit livre spécialement destiné aux enseignants africains. A l'aide d'exemples, il est montré qu'on peut construire des équipements scientifiques peu coûteux avec des matériaux de récupération.

Wray, J. *Recommended practice for schools relating to the use of living organisms and material of living origin.* London. The English Universities Press. 1974.

Évolution des moyens et des critères utilisés pour contrôler les résultats des étudiants

On peut contrôler les élèves en les écoutant, en les observant en action ou en lisant ce qu'ils ont écrit.

Ce contrôle dans une discipline comme la biologie diffère des tests hautement spécifiques utilisés par les chercheurs et les spécialistes de psychométrie parce que son but est d'évaluer les résultats des élèves pour l'apprentissage d'un certain nombre de concepts ; or ceux-ci dépendent des conditions d'apprentissage, du professeur, des méthodes d'enseignement et du contexte social.

Avant le contrôle proprement dit, interviennent généralement plusieurs types de classement caractérisés par l'attribution aux élèves de notes chiffrées selon une procédure bien définie ou un ensemble de règles. Ensuite, on peut traiter les notes avant de procéder au contrôle. On peut enfin comparer les résultats du contrôle à des niveaux de référence, ce qui permet d'obtenir une évaluation des élèves. Le contrôle des résultats peut donc donner des éléments utiles pour l'évaluation, mais l'évaluation peut se faire aussi sans mesure préliminaire.

Évolution générale des modalités de contrôle et ses répercussions sur l'enseignement de la biologie

Dans de nombreux pays, le contrôle traditionnel des étudiants s'est fait sous forme d'examens écrits à la fin d'un cycle d'études. L'extension d'un enseignement secondaire ouvert à tous et l'augmentation du nombre de candidats à l'entrée de l'université ont entraîné des pressions accrues sur les systèmes d'examen. Bien que certains faits montrent clairement que de nombreux examens sont douteux et injustes et vont à l'encontre des méthodes d'enseignement les plus éclairées, l'influence des examens est plus grande que jamais ; ils contribuent en particulier à limiter et à durcir certaines pratiques d'enseignement et d'apprentissage, même quand les programmes se veulent ouverts et non structurés. Deux tendances principales se distinguent pour remédier à cette situation : d'une part, utiliser de nouveaux types d'épreuves et améliorer la conception des examens ; d'autre part, utiliser des méthodes de contrôle autres que les examens écrits conventionnels.

En ce qui concerne les examens de biologie, on peut discerner l'évolution suivante :

1. De plus en plus, on part des objectifs établis explicitement en relation avec les buts éducatifs d'un curriculum ou avec l'intention de fournir un cadre là où il n'y en avait point auparavant. De ce fait, on constate que, progressivement, on se préoccupe, dans le contrôle des élèves, moins de la quantité de connaissances accumulées et davantage des modes de réflexion.
2. Certaines techniques permettant d'améliorer la qualité des épreuves sont utilisées à plus grande échelle : on tient compte dans la conception des examens à la fois du contenu de la discipline et du comportement mis en œuvre, et cela les rend plus valables ; la difficulté de réaliser de bons examens ayant été reconnue, des efforts sont faits pour développer les aptitudes nécessaires chez les examinateurs.
3. Les nouvelles techniques d'examen font usage d'un plus large éventail de types de questions – on recherche une plus grande précision dans les épreuves en rédigeant des sujets destinés à contrôler des points définis, ce qui permet une plus grande objectivité. Cela a conduit à augmenter les moyens mis en œuvre pour la rédaction des épreuves avec pour conséquence une certaine diminution de l'effort humain nécessaire à la notation. Tout cela a eu pour résultat une fiabilité accrue.
4. Dans les pays où le système d'examens s'applique à des élèves d'aptitudes très différentes, les épreuves du type test et des questions subdivisées en différentes parties se sont révélées plus adaptées que les grands sujets à rédiger. Les difficultés d'expression linguistique sont alors réduites et le découpage de l'épreuve en petits éléments fournit une appréciation plus juste qu'un petit nombre de grandes questions.

5. Dans chaque pays, les changements dans les méthodes d'examen sont étroitement liés à la philosophie et à la structure du système éducatif et à l'état d'évolution des programmes de biologie. Les examinateurs en biologie ne sont pas forcément bien placés pour provoquer des changements dans la politique des examens ; certaines transformations, cependant, relèvent de leurs compétences.

Avec des programmes laconiques, comme c'est souvent le cas dans les systèmes traditionnels, il existe des possibilités d'une interprétation plus large de certaines déclarations générales. On peut, par des questions d'un autre type, préparer les institutions d'enseignement à l'éventualité de changement à court terme dans les programmes et les examens.

L'introduction de questions ayant leur point de départ en dehors du libellé du programme représente une innovation plus fondamentale s'écartant des schémas traditionnels. Elles obligent les élèves à exercer leurs savoir-faire cognitifs à un niveau plus élevé qu'un simple rappel de connaissances.

Pour des formes plus avancées de contrôle, on peut utiliser des questions qui exigent la manipulation de données. La biologie, par le biais des épreuves pratiques, offre des occasions uniques de raisonnement inductif lorsqu'on demande, par exemple, à l'élève de proposer la fonction d'un organe à partir des structures examinées ou de replacer un organisme dans la classification à partir des caractères observés.

Très différent des examens traditionnels, le contrôle cumulé[1] est utilisé dans l'enseignement secondaire et universitaire, tout au long d'un cours avec différents systèmes de totalisation d'unités de valeur. Il est possible que de tels systèmes soient plus valables que les examens de fin d'année, mais l'importance qu'ils donnent à des performances régulières peut avoir un effet négatif sur les maîtres et les élèves : les élèves qui ne s'y adaptent pas peuvent être pénalisés et ceux qui travaillent vite, découragés. Néanmoins, une forte tendance se manifeste en faveur des différentes formes de contrôle cumulé. Apparemment, les enseignants sentent le besoin d'établir une relation plus étroite entre les expériences quotidiennes d'enseignement dans la classe et le laboratoire d'une part, et le contrôle des résultats tel qu'il se pratique d'autre part. Dans plusieurs pays, on utilise simultanément le contrôle interne à l'établissement et le contrôle externe. Aux Etats-Unis on a tendance à utiliser des épreuves étalonnées à l'extérieur pour compenser le fait que le contrôle ait lieu à l'intérieur. En France, les résultats à l'école peuvent être utilisés pour nuancer les examens externes. Après la réforme des examens au Royaume-Uni et en Inde, le contrôle interne est devenu une composante d'un examen externe conduisant à un diplôme. En Suède, l'autorité centrale peut pondérer des épreuves notées à l'intérieur de l'école. Au baccalauréat international, on a essayé d'utiliser des contrôles faits par les professeurs pour compléter les résultats des examens.

La démocratisation de l'enseignement a conduit à l'enseignement un plus grand nombre d'élèves : le contrôle convenable des résultats des élèves se situe alors dans le cadre d'une progression des élèves ou des groupes dans un processus continu d'éducation. La conception des enseignements à niveaux déterminés tend à rompre une telle continuité et les examens terminaux ou les unités de valeur accumulées qu'on utilise pour la sélection à chaque niveau ont tendance à devenir des instruments d'exclusion. Tout processus de sélection implique la compétition et même si l'on peut considérer cela comme normal dans une société de compétition, cela déforme la fonction éducative de l'école. Lorsque les écoles sont habilitées à décerner des unités de valeur, les contrôles internes épargnent aux élèves une partie du poids de cette compétition, mais quand c'est un jury extérieur qui fait passer les épreuves, la tension s'exerce directement sur les élèves et les professeurs.

Les activités collectives réclameraient un contrôle de groupe plutôt que des épreuves individuelles. Il existe un hiatus entre le travail de groupe encouragé par des éducateurs et le contrôle individuel qu'exigent certains services d'examens. Par exemple, dans l'enseignement de groupes non sélectionnés du *certificate of secondary education* (CSE) et dans les travaux de groupe de biologie de l'*Advanced level Nuffield general certificate of education* (GCE) du Royaume-Uni, l'examinateur espère être capable de distinguer la contribution apportée au groupe par chacun, souvent à différents niveaux et se servir du résultat pour le diplôme. Le contrôle de groupe met l'accent sur la coopération plutôt que sur la compétition ; cela semble être pour certains pays socialistes un aspect important de l'éducation morale.

Évolution dans différents pays

Systèmes centralisés

Les examens centralisés vont généralement de pair avec un contrôle en fin de cours utilisé pour une sélection compétitive. Cela est vrai pour les pays de l'Europe occidentale bien que la biologie ne soit que rarement une discipline importante dans les examens terminaux. Les examens du type essais, souvent notés globalement, à l'impression, prédominent. Ils tendent à se rattacher à des épreuves de connaissances, bien que, en France, par exemple, les essais et les questions orales aient évolué vers une évaluation de la maîtrise de la méthode scientifique par les élèves. La tradition des examens oraux qui se perpétue dans certains pays de l'Europe de l'Est et de l'Ouest est quelquefois rattachée à une épreuve pratique.

Assez récemment, on a ajouté des épreuves de type test dans des systèmes d'examens bien établis.

Lorsque la totalité du système d'examens ou une partie importante se fait sous forme de contrôle cumulé, une certaine liberté devient possible pour adapter l'enseigne-

1. Ce terme a été jugé préférable au terme de contrôle continu utilisé couramment.

ment de la biologie aux besoins locaux, dans le cadre de programmes centralisés. Cette situation existe par exemple en Suède et dans certaines régions de la République fédérale d'Allemagne où un organisme central est chargé de maintenir des normes comparables de contrôle d'une école à l'autre. Aux Pays-Bas, on accorde pour le moment une importance égale aux épreuves passées à l'extérieur de l'école et au contrôle cumulé. Les propositions de changement suggèrent qu'on élargisse la gamme des techniques utilisées pour le contrôle externe et qu'on guide les professeurs de façon plus précise en ce qui concerne les savoir-faire à contrôler et les critères de classement de ceux-ci.

En Afrique occidentale et orientale, la mise en commun des moyens nationaux au sein de conseils régionaux a permis d'utiliser plus efficacement les compétences en matière d'examen. Comme les régions se veulent de moins en moins dépendantes de l'étranger dans ce domaine, on a cherché des examens qui soient à la fois adaptés aux conditions locales et acceptables sur le plan international ; en effet, bien que l'enseignement universitaire local se développe rapidement, beaucoup d'étudiants peuvent encore prétendre à poursuivre leurs études à l'étranger après avoir réussi aux examens finals au niveau secondaire ou universitaire. Les nouvelles techniques employées comprennent des tests et des résolutions de problèmes ainsi que des compositions et des épreuves pratiques. Les tests sont particulièrement utiles pour faire des comparaisons entre les différents systèmes nationaux, mais il faut que les problèmes liés à la production de ces tests puissent être résolus. Une unité de réalisation de tests fonctionne au Conseil des examens de l'Afrique de l'Ouest. Au Malawi, les examens de biologie de l'enseignement secondaire moyen, en 1974, ont utilisé des " questions structurées " en remplacement des questions à rédiger et des tests utilisés antérieurement. C'est le problème de l'usage de la langue dans les examens écrits, qui en plus du problème de production de ces tests, a conduit à ce changement.

En Europe de l'Est, les systèmes centralisés se sont regroupés pour une étude multilatérale des problèmes de contrôle à l'Institut central de recherche pédagogique à Budapest. Certains de ces problèmes concernent la multiplicité des caractéristiques personnelles des élèves et des relations sociales ainsi que la production d'épreuves d'un haut degré d'objectivité. L'objectivité et la prise en considération de l'état d'évolution de chaque étudiant apparaissent comme les deux pôles d'une contradiction dialectique qui doit être constamment reprise et dans laquelle la responsabilité du contrôle retombe en dernier ressort sur le professeur. " La fonction de l'évaluation bien faite est d'être stimulante. Le contrôle de groupe conduit à développer les facultés d'appréciation de chacun pour son propre travail et celui des condisciples. " De tels contrôles de groupe sont préconisés en République populaire de Chine et à Cuba. Il est intéressant de noter que, dans des systèmes apparemment centralisés comme ceux-là, une grande partie de la responsabilité du contrôle est assumée à l'échelon local, en utilisant des techniques comme l'examen oral, des épreuves régulières de diagnostic et l'appréciation de l'originalité et de l'initiative dans les applications pratiques.

En Malaisie, à Singapour, à Hong-kong et en Afrique du Sud, les examens centralisés, établis sur le modèle anglais, sont les plus répandus : les examens de biologie consistent généralement en deux devoirs écrits et un contrôle des savoir-faire pratiques. Ils donnent une qualification permettant l'accès aux universités étrangères. A l'intérieur de ce schéma d'ensemble, on observe une évolution vers la résolution des problèmes et, à un degré moindre, vers l'emploi de tests. Cela s'accompagne d'une modernisation permanente des sujets du programme bien que les aspects biosociaux ne soient pas prédominants. En Inde, l'importance croissante du contrôle du travail pratique se traduit par le fait que 20 % des notes de l'examen sont attribués aux rapports faits en classe et aux collections de spécimens. Au niveau de l'enseignement secondaire moyen, l'importance des sujets en relation avec les problèmes sociaux augmente.

Sur 19 pays américains, 42 % ont des épreuves obligatoires de biologie aux examens de 1972. Les tests y sont largement utilisés mais on s'oriente vers l'utilisation combinée de différents types d'épreuves écrites. Les épreuves orales existent dans quelques pays et les épreuves pratiques dans cinq pays seulement.

Systèmes soumis à l'approbation de l'autorité centrale

Au Royaume-Uni, la multiplicité des services d'examens et celle des programmes ont conduit à une diversité dans le style des contrôles. Pour les élèves qui ne se spécialiseront pas dans ce domaine par la suite, le contrôle de biologie à la fin de la première partie de l'enseignement secondaire (CSE et *O-level* CGE) est un contrôle final. A ce niveau, les épreuves écrites comprennent généralement de petites questions structurées et de brèves compositions et s'orientent progressivement vers les tests. Avec un mode d'examen convenable (mode III au CSE), le contrôle interne peut remplacer les examens écrits externes, mais il existe de sérieux problèmes de pondération. Au niveau du cycle terminal de l'enseignement secondaire, des épreuves écrites comprennent généralement des essais et des problèmes à résoudre. A ce niveau, il existe des épreuves pratiques, avec une tendance nette vers le contrôle cumulé. Le *Nuffield Advanced level examination* a fourni un exemple utile d'un jeu complet d'épreuves mettant en œuvre toutes sortes de techniques pour les épreuves écrites et les contrôles.

Contrôle décentralisé

Aux Etats-Unis, les écoles sont responsables des épreuves comptant pour l'attribution des unités de valeur internes ; les épreuves sont préparées localement ou obtenues de sources commerciales. On a critiqué la quantité excessive de tests : ils tendent à utiliser des questions avec identification de la bonne réponse et ne permettent pas de mesurer certaines qualités que les compositions permettent de révéler.

L'interprétation des résultats des épreuves pour juger la valeur des élèves est aussi un problème général. Il existe un certain contrôle externe des épreuves lorsque des

niveaux minimaux sont fixés dans certains Etats pour l'obtention du diplôme ; ce contrôle peut être renforcé par des associations régionales responsables du niveau des diplômes. Bien qu'il n'y ait pas habituellement de contrôles finals à l'intérieur des écoles, les institutions universitaires peuvent avoir leurs propres exigences pour l'admission. Beaucoup de ces institutions utilisent l'*Educational Testing Service* qui fournit des contrôles en biologie comprenant des tests à 125 items en 1 h 30, et 3 questions avec réponse à rédiger en 1 h 30. L'accent y est mis sur les applications et l'interprétation des données (Kastrinos, 1974).

Au Canada, on tend à abandonner l'épreuve écrite en 3 heures à la fin de chaque trimestre pour s'orienter vers des contrôles plus fréquents et certaines provinces ont renoncé aux contrôles de fin d'année, laissant aux professeurs la responsabilité totale d'une évaluation finale.

Aux Philippines, les tests écrits sont utilisés pour vérifier les connaissances en biologie, sur la nature et les méthodes de la science. Ils sont utilisés avec chaque partie du cours, spécialement en vue d'un diagnostic. De plus, on contrôle un travail pratique et, éventuellement, les composantes affectives telles que l'aptitude au commandement, la débrouillardise et des dispositions pour les activités biologiques. Au niveau universitaire, l'accent est mis sur la résolution de problèmes.

Bien que des systèmes internes d'unités de valeur un peu analogues à ce qu'on trouve aux Etats-Unis fonctionnent au Japon, les exigences des services de l'éducation imposent une large uniformité. La compétition est grande pour accéder à l'enseignement universitaire et les épreuves de sélection en vue de cette admission influencent fortement l'enseignement secondaire. *L'Educational Test Research Institute* s'est penché attentivement sur ce problème, à la suite de quoi, on a remplacé les tests largement utilisés depuis 1946 par une combinaison de tests et d'épreuves types à rédiger, d'essais qui mettent en évidence les qualités d'analyse, de jugement et de créativité ainsi que la connaissance des faits biologiques et des grands principes.

Problèmes affectant le contrôle en biologie

L'utilisation du contrôle

L'usage des examens publics

En général, les examens sont utilisés pour décider le passage de l'élève d'un niveau de l'enseignement à un autre ; c'est particulièrement frappant au niveau de la sélection pour le passage de l'enseignement secondaire à l'enseignement supérieur. Dans la plupart des pays, ce qui permet la sélection pour une minorité marque la fin pour la majorité ; les examens deviennent alors les appareils des contraintes sociales quand les débouchés vers un enseignement d'un niveau plus élevé sont limités. En outre, les épreuves qui ont un sens pour éprouver les vocations d'un biologiste en ont beaucoup moins pour ceux pour lesquels la biologie est une composante de l'éducation générale. Les usages que fait ensuite la société de l'examen vont à l'encontre des buts du programme : le public considère que le succès à l'examen est un moyen de définir un rang dans la société et cette façon de voir n'a aucun rapport avec les résultats particuliers qui ont été contrôlés. Tous les examens traditionnels ont un effet sur l'apprentissage ; les enseignants travaillent sous la contrainte du programme de l'examen et les élèves sont découragés de continuer à travailler s'ils échouent. C'est quand le niveau de difficulté est sensiblement plus élevé que le niveau des capacités des élèves que les examens ont le plus de chances de déformer les buts éducatifs : les programmes d'enseignement se limitent aux programmes d'examen et les objectifs s'orientent vers le rappel de connaissances.

On peut alors se demander quelles sont les qualités des examens publics ?

On peut dire en leur faveur que leur aspect obligatoire en fait un moyen de communication très efficace pour faire connaître aux professeurs les intentions de ceux qui ont réalisé les curriculums et on peut les utiliser pour orienter l'enseignement de la biologie dans la direction nécessaire au développement national. Ils permettent aussi de définir les niveaux atteints, ce qui est nécessaire pour que le public ait confiance dans l'enseignement de la biologie. Lorsqu'ils se déroulent convenablement, cela réduit les possibilités d'obtenir des places dans un enseignement supérieur grâce au népotisme et à des interventions lorsque l'accès est limité.

Les systèmes d'examens publics peuvent faire partie des activités relatives à l'éducation présentant des aspects de coopération et de réalisation internationales. C'est le cas ntre l'URSS et les pays socialistes de l'Europe de l'Est ainsi qu'entre certains pays africains.

Niemierko a défini ainsi une épreuve d'examen : c'est un ensemble de tâches séparées ; la question est présentée de telle façon qu'il est possible de déterminer dans quelle mesure l'élève a maîtrisé le sujet ; elle est utilisée au cours de l'enseignement. Le fait qu'il se réfère à une " maîtrise " signifie implicitement que la performance de l'élève est jugée en fonction d'un ensemble de critères déterminés à l'avance. Le développement de la technologie de l'enseignement, en particulier celui de l'apprentissage par la maîtrise contrôlée à chaque étape, a conduit à des épreuves conçues en référence à certains critères ; ces épreuves sont aussi employées pour contrôler les résultats des élèves afin d'évaluer un curriculum en cours d'expérimentation. Dans les deux cas, leur rôle est essentiellement de permettre un diagnostic. D'un autre côté, on peut aussi défendre l'idée selon laquelle une maîtrise parfaite n'existe pas et qu'il n'y a donc pas de mesures faites en fonction des critères qui aient une valeur incontestable. De plus, ce type d'enseignement qui vise à obtenir une maîtrise aura pour effet de limiter les buts de l'apprentissage à des caractéristiques bien définies où l'accent est mis sur la connaissance et la compréhension et où les applications sont négligées.

Le problème posé par le choix entre la généralité ou la spécificité dans l'apprentissage est crucial dans la conception, l'élaboration et l'évaluation de n'importe quel curri-

culum. Rien ne permet d'affirmer que tous les avantages soient du côté de la spécificité. Tandis que les spécialistes favorisent généralement les épreuves permettant de contrôler des résultats bien spécifiques, les professeurs de biologie préfèrent des épreuves qui couvrent divers aspects de leur discipline et ils reconnaissent que l'apprentissage en biologie est forcément incomplet. Ces avis différents méritent discussion.

L'utilisation des épreuves pour déterminer des niveaux

On peut citer de nombreux examens publics pour lesquels des totaux donnés déterminent à l'avance différents niveaux, où la limite réussite/échec correspond fréquemment à une barre de 40 % du total des points. S'il n'y avait pas d'ajustement, cela supposerait l'existence d'épreuves valables, définies par rapport à des critères, pour lesquelles des questions de difficulté comparable sont élaborées chaque année. On peut aussi fixer le nombre d'étudiants à chaque niveau, souvent par rapport à une distribution de fréquence normale. De tels systèmes sont recommandés en Australie, au Royaume-Uni et dans les pays qui s'inspirent de leurs types d'examens. Dès lors, la détermination des niveaux se fait par une épreuve réalisée en fonction des normes dans lesquelles le point essentiel n'est pas la quantité de choses que connaît l'étudiant, mais comment il se situe par rapport aux autres étudiants. Si les notes sont suffisamment étalées pour donner une bonne discrimination, cela assure une méthode satisfaisante de sélection. Cependant, cette méthode tend à masquer davantage encore la nature des critères selon lesquels la sélection est faite. Or ces critères sont indispensables à tous ceux qui sont susceptibles d'utiliser les résultats des examens pour essayer de prévoir ce que donnera l'élève à un niveau plus élevé de l'enseignement ou dans un emploi, et aux professeurs qui aiment stimuler les progrès de leurs élèves par des épreuves internes. Aussi, il reste un problème clé : comment faut-il utiliser les résultats des épreuves pour déterminer des niveaux ? En Pologne, Niemierko a proposé des épreuves à plusieurs niveaux comprenant, pour un sujet donné, des questions relatives les unes au strict minimum déterminé par le programme, d'autres à des connaissances moyennes, d'autres enfin à des connaissances supérieures à la moyenne. Elles pourraient être utilisées pour déterminer les points limites inférieurs d'une échelle d'évaluation à quatre paliers considérés comme insuffisant, satisfaisant, bon et très bon. Le Joint Matriculation Board, au Royaume Uni, pondère les proportions déterminées à l'avance des étudiants à chaque niveau grâce à l'examen scrupuleux de tous les cas qui se trouvent à la limite dans une marge de 5 %, afin de réajuster finalement les niveaux. Cela aide à résoudre partiellement le problème de la fiabilité et des critères dans l'examen traditionnel de type essais, mais cela a peu de raisons d'être avec les tests dont l'emploi se développe très rapidement.

Contrôle cumulé

Ce type de contrôle est défendable dans les cas où le besoin d'une sélection rigoureuse est moins aigu, dans les cas d'accès ouvert aux niveaux supérieurs d'enseignement. La compétition diminuant, la notion d'échec n'a plus besoin d'apparaître et les fonctions de diagnostic et de guide pour l'élève peuvent être développées ; cela peut permettre d'obtenir la souplesse désirable dans la vitesse de progression de l'apprentissage ou pour le renforcement de celui-ci. Les méthodes du contrôle elles-mêmes peuvent être aussi adaptées sans trop de difficulté à une situation interne. Le contrôle cumulé peut tenir compte de nombreux aspects des résultats dans les domaines cognitif, psychomoteur ou affectif. Cela est particulièrement valable pour contrôler le travail pratique en biologie et pour réunir des informations sur les attitudes des élèves à partir des observations de leurs comportements.

Bien que des épreuves de type scolaire puissent faire partie de l'éventail des techniques utilisables pour un contrôle cumulé, l'information limitée qu'elles apportent peut être complétée par d'autres moyens. Certains problèmes essentiels, cependant, sont liés au contrôle interne ; ils deviennent particulièrement importants quand le contrôle continu fait partie d'un système d'unités de valeur ou est utilisé comme partie d'un examen public.

Toute forme de contrôle cumulé influence inévitablement les relations entre les maîtres et les élèves. L'élève qui a besoin d'aide dans une situation donnée peut être réticent pour faire part de ses difficultés au maître et celui-ci doit faire face à une double tâche : enseigner et évaluer.

Le contrôle des attitudes fait partie des échanges continuels qui existent entre le maître et l'élève au cours de l'enseignement de la biologie. Cependant, il est difficile techniquement de reconnaître et de mesurer des attitudes spécifiques et il est douteux qu'il faille les inclure dans la détermination de niveaux. L'impartialité des professeurs de biologie et leur aptitude à faire de tels contrôles sont capitales dans les pays où il existe des divisions tribales ou raciales et où une grande proportion de professeurs est peu qualifiée ou a une expérience limitée.

Pour ce qui est des savoir-faire cognitifs et psychomoteurs, il est possible de guider les professeurs en ce qui concerne les différentes techniques de contrôle par des stages et des documents imprimés. On constate une amélioration valable de la fiabilité et de la validité des contrôles faits par les professeurs ; cette tendance se manifeste à la fois dans les pays qui ont, par tradition, des formes non structurées de contrôle continu et dans les pays qui passent des examens écrits externes à un contrôle réalisé par les professeurs. Ces deux types de systèmes convergent actuellement vers une position moyenne commune.

Lorsqu'il y a des documents imprimés pour le travail indépendant des élèves, il est possible d'incorporer des éléments d'autocontrôle dans le texte, qu'on peut alors utiliser pour l'auto-évaluation ou pour un renforcement. Cela est particulièrement utile pour les élèves qui travaillent par correspondance. Un cours de biologie au niveau préuniversitaire en Nouvelle-Zélande en présente un exemple bien conçu ; les publications pour les cours de l'Open University au Royaume-Uni indiquent à l'étudiant les objectifs explicites des exercices qui peuvent être contrôlés à partir des réponses fournies et discutés avec des conseillers (*tutors*).

Dans certains pays, on utilise aussi un autocontrôle d'un type plus informel. En permettant à l'élève de discuter avec le maître de sa propre appréciation de ses résultats, on l'aide à s'évaluer lui-même et à s'améliorer, il peut ainsi participer au contrôle cumulé.

La nature du curriculum de biologie

Le style du curriculum

Les libellés de nombreux programmes d'examens publics de type traditionnel en biologie tendent à mettre l'accent sur le contenu factuel. Leur expression laconique est liée à ce qu'on attend à l'examen, ce qui est bien connu par expérience. De tels libellés sont essentiellement des déclarations d'intention par rapport à l'examen et le vrai programme est défini par les professeurs.

Les nouveaux curriculums de biologie sont généralement présentés dans des publications imprimées importantes dans lesquelles on peut expliciter en détail les buts, les objectifs, le contenu et la pédagogie ; un matériel de contrôle peut être fourni en même temps, pour permettre l'évaluation formative par les maîtres (voir le chapitre "Evaluation et diffusion d'un curriculum"). De telles épreuves ont tendance à se rapprocher des apprentissages par maîtrise contrôlée parce qu'ils utilisent des critères étroitement liés à la conception du curriculum.

Deux problèmes essentiels se manifestent souvent à propos des contrôles. D'une part, la trop grande familiarité avec les tests qui s'acquiert avec le temps en diminue la valeur. D'autre part, la production d'un curriculum imprimé très détaillé a un effet limitant sur l'enseignement, mais aussi peut réduire le champ des épreuves. Ce dernier problème devient particulièrement aigu lorsque l'enseignement et le contrôle sont trop dépendants du contenu factuel du curriculum. On peut étendre la gamme du matériel d'épreuves en portant plus d'attention aux concepts et aux principes qu'il faut contrôler ainsi qu'aux applications et aux problèmes qu'entraîne leur utilisation.

Une tendance vers les programmes individualisés dans lesquels les étudiants progressent à leur propre vitesse, travaillant à des tâches qui les intéressent, s'est manifestée aux Etats-Unis et au Canada. Cela représente un cas extrême d'enseignement centré sur l'élève et pose des problèmes particuliers de contrôle, car les professeurs peuvent avoir à contrôler des élèves dans des situations différentes. Même s'ils étudient la même chose, ils peuvent progresser à des vitesses différentes et les contrôles devront intervenir à des moments différents ; les indications de niveau que donnent les comparaisons entre les étudiants sont alors réduites. Les principaux problèmes qui se manifestent sont en rapport avec le rôle du contrôle dans une situation donnée et le choix des techniques appropriées de contrôle. Sweat propose des réponses à ces problèmes, à propos d'un cours individualisé de biologie au niveau du premier cycle universitaire qu'elle a réalisé aux Etats-Unis. Elle aborde les points suivants : relation enseignant/enseigné ; questions orales ; options avec unités de valeur supplémentaires ; auto-évaluation et un examen général à la fin qui est discuté par des groupes d'élèves et mis en rapport avec le contenu des contrats passés avec les élèves (voir "Bibliographie").

Les influences externes sur le contenu du programme

Les progrès récents en biologie ont des répercussions sur le domaine d'études des élèves ; par exemple, les programmes ont intégré une partie des découvertes modernes en écologie, physiologie, biochimie, génétique et biologie moléculaire. L'importance qu'on leur accorde dans l'enseignement dépend de l'état des connaissances et du niveau de développement des concepts qu'on peut attendre des élèves ; quelle que soit l'importance attribuée par le biologiste de métier à certains grands principes, on ne peut ignorer de tels aspects pédagogiques. Le niveau de difficulté des épreuves doit rester en rapport avec le niveau de développement des concepts. Il faut être particulièrement prudent pour contrôler les nouveaux concepts dans ces domaines récents de la biologie.

Des épreuves sous forme d'essais ont permis de montrer que l'introduction de sujets complexes et difficiles, comme les voies métaboliques et la biologie moléculaire, a conduit à une mémorisation par cœur excessive. D'un autre côté, quand la recherche biologique permet d'illustrer la démarche scientifique, on peut stimuler le travail des élèves pour ce qui est de la résolution des problèmes, par exemple, à propos des aspects simples d'écologie des populations et de la construction d'expériences. Les épreuves concernant la génétique ou la génétique des populations conduisent en général à des résultats du type tout ou rien.

Le rôle joué par la biologie dans les cours scolaires intégrés ira vraisemblablement en augmentant. La biologie a beaucoup à apporter en relation avec les études sociales, la psychologie, les sciences politiques, la géographie et l'économie ; à l'intérieur de la biologie elle-même, on donne maintenant davantage d'importance aux domaines touchant à l'homme comme la démographie, la protection de la nature et les problèmes de pollution et de drogue. Ces deux aspects attirent vraisemblablement une frange de plus en plus importante d'élèves dont l'intérêt principal va moins vers la discipline scientifique que vers ses aspects humains. On en arrive inévitablement aux attitudes et aux systèmes de valeurs et l'on débouche souvent sur des controverses qui sont autant de défis à la neutralité de professeur. Le caractère obligatoire des contrôles accentue ce problème. Les techniques de contrôle qui permettent de garantir la validité du contrôle de telles études résident dans une communication bien exprimée. Le contrôle de la méthode, surtout dans l'utilisation des faits, devient plus important que le contrôle des résultats ou des conclusions particulières. Le contrôle cumulé de travaux écrits ou oraux et d'exercices comportant des études ou des enquêtes sont non seulement appropriés, mais aussi plus facilement acceptés par les élèves de ce type. Dans les épreuves écrites, des questions avec réponses à rédiger permettent de développer des arguments cohérents qu'on peut faire noter de façon globale par plusieurs examinateurs, pour éviter la distorsion personnelle dans les cas douteux.

Les effets des approches pédagogiques sur les objectifs des contrôles

De nombreux programmes de biologie comprennent divers concepts qui interfèrent à partir desquels il est difficile de trouver une suite logique d'objectifs et cela se traduit dans les épreuves de contrôle qui s'y rapportent. Il est relativement facile de contrôler les parties de la biologie aisées à structurer comme le rappel de faits spécifiques ou de savoir-faire pratiques bien déterminés comme l'usage du microscope ou l'identification de matériel biologique ; mais cela est sans intérêt par rapport aux besoins essentiels dans la formation des élèves. La biologie représente un sujet si vaste que si le programme n'est pas construit autour d'un thème principal, il y a toute chance pour que n'importe quel groupement d'objectifs en vue d'un contrôle ne soit pas représentatif. Les styles des curriculums en biologie sont très variés, depuis ceux qui visent essentiellement une information en abordant l'ensemble de la discipline, jusqu'à ceux qui ont un but plus formateur et utilisent la biologie pour illustrer les aspects variés des activités scientifiques. Les deux styles peuvent être combinés dans des proportions variables.

Le curriculum de biologie conçu pour le niveau moyen de l'école secondaire en Inde donne un exemple d'une approche mettant l'accent sur l'information ; la biologie y est enseignée en tenant compte des besoins sociaux de l'agriculture, de la nutrition humaine, de la santé et de la médecine. Quatre objectifs essentiels sont présentés :

Se familiariser avec les plantes et les animaux communs et importants dans leur environnement ;

Comprendre la structure de base et les processus vitaux chez les plantes, les animaux et l'homme ;

Comprendre les principales tendances de l'évolution des organismes, le concept d'adaptation, la nécessité d'une gestion correcte des ressources animales et végétales ;

Comprendre les relations générales qui existent entre l'homme et le monde animal et végétal.

Pour un tel programme, les objectifs des contrôles se rattachent essentiellement au contenu et peuvent se répartir en trois grandes catégories :

Connaissance des faits biologiques et des principes ;

Application des principes biologiques ;

Compréhension du rôle de la science biologique de la vie de tous les jours.

L'étendue des études biologiques est encore plus nette dans le programme du BSCS aux Etats-Unis, au niveau supérieur de l'enseignement secondaire. On trouve les thèmes unificateurs suivants :

Le changement des êtres vivants au cours des temps – évolution ;

La diversité des types et l'unité des structures chez les êtres vivants ;

La continuité génétique de la vie ;

Les caractères complémentaires des organismes et de l'environnement ;

Les origines biologiques du comportement ;

La complémentarité entre structure et fonction ;

La régulation de l'homéostasie ;

La science comme recherche ;

L'histoire des idées en biologie.

Les sept premiers se rattachent effectivement à un contenu de cours. Au contraire, les deux derniers dépendent plus spécifiquement d'une compréhension réelle des sept thèmes précédents et des différents comportements des élèves quand l'enseignement est fait dans une approche de type recherche. Les objectifs centrés sur la recherche peuvent être groupés selon le mode analytique dans lequel on contrôle la compréhension des méthodes de recherche par l'étudiant et selon un autre mode dans lequel interviennent les aptitudes dans la conception d'expériences, la reconnaissance et la formulation des problèmes et d'hypothèses biologiques. Les énoncés des objectifs en relation avec l'approche de type recherche, ceux qui sont détaillés les plus explicitement, permettent aisément la rédaction d'items de tests spécifiques améliorant ainsi la précision des contrôles. Dans les pays où l'on sait très bien composer ce genre d'items, il peut être souhaitable de développer de tels tests.

Dans de nombreux pays, cependant, une analyse détaillée des savoir-faire concernant la méthode scientifique en relation avec l'enseignement en biologie servira davantage à l'information des professeurs sur les implications détaillées de ces savoir-faire ; ceux-ci sont alors testés après avoir été regroupés dans quelques grands groupes d'objectifs. Par exemple, en Thaïlande, un guide du maître sur le contrôle des étudiants pour le nouveau cours de biologie au niveau supérieur de l'enseignement secondaire (1975) propose cette liste détaillée des objectifs de test :

Connaissance

Des faits biologiques, de relations et de principes ;

De méthodes en biologie ;

De notions de mathématiques, de physique et de chimie indispensables en biologie ;

De critères de regroupement et de classification ;

De l'histoire de la biologie.

Compréhension

Explication, traduction et interprétation ;

Calcul ;

Applications de connaissances de biologie à des situations banales ;

Généralisations.

Démarche d'une recherche scientifique

Formuler une question dans un problème comme une hypothèse à vérifier par l'expérience ;

Concevoir une expérience pour vérifier une hypothèse ;

Interprétation des observations et des données sous forme de conclusions ;

Exprimer des tendances à partir de données ;

Faire des prévisions à partir de données ;

Juger d'une hypothèse à partir de données ou à partir de connaissances.

Application
Utiliser des connaissances en biologie pour résoudre des problèmes dans des situations nouvelles ;
Appliquer des principes dégagés en biologie à des situations sociales ou techniques.
Les épreuves sont construites de façon à n'utiliser que les quatre principales subdivisions comme objectifs du contrôle.

Le développement des objectifs de contrôle à partir des buts essentiels du curriculum dans le *Nuffield Advanced level biology cours* a été considéré comme un moyen important d'assurer une implantation convenable du curriculum, en utilisant le fait qu'un examen public lui apporterait une consécration publique. Cet effet se produit grâce à la conception de questions nouvelles et à l'information en retour que représente chaque année, pour les écoles, le rapport rédigé par les examinateurs. Cet examen utilise diverses techniques de contrôle, dont chacune est considérée comme adaptée à certaines capacités des élèves. Le tableau suivant indique les techniques de contrôle particulier mises en place à partir de l'ensemble des buts du programme.

Nuffield Advanced level biology

Buts du programme	Objectifs du contrôle	Techniques de contrôle
Acquérir une connaissance des êtres vivants et une compréhension des techniques utilisées pour les étudier	Rappel des faits biologiques et des grands principes	Tests, essais, contrôle du travail pratique
Faire des observations et poser les questions appropriées à leur sujet	Enregistrer les résultats et les traiter	Contrôle du travail pratique et projets
Analyser des données biologiques et en faire la synthèse sous forme de conclusions et de principes	Traitement de données, élaboration d'hypothèses	Problèmes structurés compréhension d'un court texte imprimé, contrôle du travail pratique et projets
Manipuler des données quantitatives ; déterminer les erreurs et le degré de signification	Traitement de données, traduction, interprétation calculs	Problèmes structurés, contrôle du travail, pratique et projets
Etudes critiques de déclarations hypothétiques à la lumière de leur origine et de leurs applications	Vérifier les hypothèses, concevoir des expériences	Tests, essais, contrôle de travail pratique
Utiliser les connaissances acquises pour définir et étudier les problèmes dans des situations non familières	Imaginer, réaliser et présenter un projet de travail individuel	Contrôle des projets en procédant à un découpage des opérations
Evaluer les implications de la connaissance biologique dans la société humaine	Expression de jugements d'évaluation appuyés sur des critères	Essais, compréhension d'un petit texte imprimé
Transmettre les connaissances biologiques de façon à la fois cohérente et adéquate	Communication cohérente et logique	Essais, rapports sur les projets

L'attribution des notes pour ces différentes techniques de contrôle se fait de la façon suivante : tests, 25 % ; essais, 20 % ; problèmes structurés, 25 % ; compréhension d'un texte écrit, 10 % ; contrôle du travail pratique en classe, 15 % ; contrôle des projets de l'élève, 10 %.

Il faut reconnaître l'existence d'un facteur de maturation qui joue à la fois pour les enseignants et pour les élèves dans le contrôle d'un nouveau cours en expérimentation (*formative testing*) et dans la mise en place de nouveaux styles d'examens terminaux. Il faut acquérir et assimiler de nouvelles techniques de mise au point de contrôle et les premiers tests ne sont peut-être pas entièrement satisfaisants.

Il existe d'autres problèmes du fait que la mise en place des nouvelles normes de notation pour des nouveaux types de contrôle se fait souvent en même temps que celle des nouveaux programmes. Dans certains cas, il y a une période de chevauchement où coexistent les anciennes et nouvelles procédures de contrôle et le problème des équivalences devient aigu.

Les utilisations de différentes techniques de contrôle

On dispose de toute une gamme de techniques de contrôle, ce qui, si on les utilise effectivement, permet de répondre à certaines critiques qui naissent quand on utilise un seul test pour contrôler un ensemble complexe de résultats.

Les usages, avantages et inconvénients des principales techniques de contrôle seront rapidement passés en revue.

Epreuves orales

Elles permettent à l'étudiant de mettre en évidence ses connaissances et sa compréhension mais aussi de montrer s'il est capable de répondre à des "situations critiques" telles que la présentation de matériel biologique à reconnaître ou qui pose des problèmes. L'examinateur a la possibilité de poser des questions supplémentaires. Les traits de personnalité peuvent influencer ce type d'examens.

Inconvénients

Il est difficile de standardiser l'épreuve.

Les traits de personnalité peuvent influencer les domaines de connaissance.

Le domaine d'interrogation est très limité par rapport à l'ensemble du cours.

Cela demande beaucoup de temps.

Avantages

C'est une forme d'interrogation souple.

Le contrôle peut être fait par plusieurs examinateurs en même temps.

Il peut être utilisé pour éclairer d'autres formes de contrôle.

L'examen oral a été une tradition dans de nombreux pays d'Europe et d'Asie, les questions étant parfois tirées au sort pour éviter une distorsion personnelle. Tamir (1972) défend certaines formes d'examen oral pour le contrôle en biologie : les étudiants qui ont étudié à fond certains organismes ou des situations biologiques particulières se voient donner la possibilité de présenter leurs découvertes et de répondre à des questions critiques ; les résultats sont utilisés pour compléter d'autres techniques de contrôle.

Aux Etats-Unis, certains cours de biologie pour les premières années d'université où l'étudiant travaille seul comprennent des sessions d'interrogations dans lesquelles des groupes de 12 étudiants environ sont soumis à des épreuves orales : celles-ci donnent aux étudiants la possibilité de se présenter à une épreuve écrite. Un tel procédé peut contribuer à atténuer l'isolement des élèves qui travaillent seuls. Les questions sont étroitement liées aux objectifs de chaque unité d'instruction. Avant de répondre à une question, chaque étudiant choisit un objectif auquel la question se réfère. Il faut que de tels contrôles aient lieu fréquemment et ils limitent de ce fait l'interaction entre étudiants. Il y a en outre le problème de faire appel à un enseignant unique pour le contrôle simultané de divers individus d'un groupe.

Contrôle par épreuves écrites

Les mérites relatifs du contrôle par test de type objectif et de type essais ont déjà été discutés. Le passage progressif aux tests de type objectif se poursuit, surtout quand on utilise le contrôle du cours à l'intérieur d'un système d'unités de valeur. Il y a aussi un intérêt croissant pour l'utilisation d'épreuves à des fins de diagnostic comprenant des tests. Le nombre des étudiants à contrôler qui s'accroît continuellement a poussé les administrateurs à utiliser ces tests. Cependant, des problèmes se manifestent : le nombre des gens capables de rédiger des tets est limité et il y a un besoin permanent de découvrir et former de telles personnes. En utilisant des professeurs ayant une bonne expérience des curriculums dans ce domaine, on a toute chance d'obtenir un matériel valable. Quand les tests doivent être utilisés pour des examens publics, il apparaît des problèmes de pré-expérimentation et de sécurité ; ceux-ci sont plus faciles à résoudre lorsque l'organisation qui fournit les tests travaille sur une grande échelle.

Dans les pays qui ont utilisé les épreuves de type test sur une large échelle, il y a manifestement tendance à utiliser de courts essais comme forme complémentaire de contrôle. L'*advanced placement examination* aux Etats-Unis donne le même poids aux deux techniques d'examens (Kastrinos, 1974). Les essais donnent d'excellentes occasions d'apprécier les capacités d'expression cohérente, de synthèse et d'appréciation. Pourvu que les sujets soient bien définis, des questions de ce genre donnant lieu à de courts essais peuvent éviter les inconvénients traditionnels liés aux interprétations diverses de la question par les étudiants et les difficultés excessives de notation. Il y a longtemps qu'on utilise les essais pour mettre en évidence un travail en profondeur. Un étudiant peut très bien avoir fait cette étude en profondeur en choisissant certaines parties d'un large programme ; l'examen adéquat doit donc offrir un large choix de questions. Cette technique du sujet au choix a été utilisée pour faire passer des examens sur des programmes de biologie surchargés d'un trop grand nombre de faits. Un libre choix de quatre questions parmi un total de neuf donne 16 000 combinaisons possibles de questions. Beaucoup d'examens offrent un choix encore plus large. En fait, c'est une multiplicité d'examens différents que l'on contrôle alors et qu'on classe ensemble. De plus, il est difficilement possible que toutes les questions soient de difficulté équivalente ou qu'elles testent les mêmes aptitudes. De telles considérations ont conduit à des examens avec des rubriques obligatoires chacune se référant à certains objectifs essentiels et faisant appel à différentes techniques.

Parallèlement à cette tendance, il y a un accroissement de l'emploi de contrôles d'études en profondeur.

Les questions structurées qui demandent des réponses extrêmement courtes pour chaque partie sont de plus en plus utilisées dans les examens de biologie au niveau secondaire. Le découpage des questions est un facteur d'objectivité qui rend la notation plus fiable et l'élève sait exactement ce qu'on lui demande. Ce type de question peut utiliser des graphiques et des données biologiques et ce peut être l'occasion de tester les savoir-faire spécifiques liés à la méthode scientifique. En proposant des situations biologiques, cela peut permettre de tester très efficacement des savoir-faire de type cognitif en relation étroite avec un travail pratique. Dans les examens du *Nuffield Advanced level biology*, un groupe de telles questions est utilisé comme facteur de pondération pour le contrôle interne du travail pratique. Les questions de type problèmes en biologie tendent à avoir un effet de tout ou rien. Si elles se trouvent dans la partie obligatoire d'un examen, il vaut mieux proposer un nombre plus grand de petits problèmes plutôt que quelques grands, pour obtenir un meilleur contrôle des élèves.

L'usage de textes imprimés pour apprécier la compréhension par les étudiants de la littérature biologique est relativement peu répandu. Les questions de compréhension doivent être courtes et nombreuses et peuvent être ordonnées dans un ordre de difficulté cognitive croissante. Les élèves doivent s'appuyer sur le texte pour répondre aux questions, mais on peut aussi leur demander de replacer le

texte dans l'ensemble de leurs connaissances en biologie (Lister, 1969). Cette capacité d'acquérir de nouvelles connaissances à partir de la lecture et de les rattacher aux concepts acquis auparavant est fondamentale pour une formation continue en biologie.

Des examens à livre ouvert sont utilisés pour certains contrôles au niveau universitaire ; l'accès à la bibliographie pendant une épreuve comportant une résolution de problèmes convient très bien pour les études spécialisées, en particulier au niveau universitaire. Les problèmes abordés tendent à être non délimités et le temps accordé n'est pas strict ; on ne compte que très peu sur la mémorisation des connaissances.

Contrôle du travail pratique en laboratoire

Quand les travaux pratiques font partie intégrale de l'enseignement, on tient généralement compte du contrôle des savoir-faire pratiques. Trois domaines de savoir-faire peuvent être contrôlés.

1. Des savoir-faire manuels, comme les micro-techniques, la dissection et la manipulation d'appareils. Il est nécessaire pour cela d'observer chaque étudiant.
2. Des exercices complets faisant intervenir toute une gamme de savoir-faire psychomoteurs, tels que la compréhension d'instructions et leur mise en œuvre, l'utilisation de résultats d'exercices pour les répertorier et d'autres savoir-faire de type cognitif. Cela est souvent évalué par des épreuves pratiques ou par les contrôles du professeur.
3. Les résultats des travaux pratiques comme les dessins, les notes écrites, les dissections, les micropréparations, la manipulation des résultats par le calcul, les déductions à partir des observations, le contrôle des hypothèses. Ceci peut être contrôlé après la fin du travail pratique. Ce sont les savoir-faire les plus commodément contrôlés dans les examens pratiques traditionnels. Il est aussi possible mais seulement à un niveau élevé et avec des moyens assez importants, de tester dans un examen formel la conception d'une expérience et sa réalisation.

Examens pratiques

Les qualités particulières d'impartialité et d'uniformité qu'on accorde généralement aux examens sont limitées par les restrictions particulières qu'impose la nature du travail pratique qui peut être contrôlé. Le temps est restreint, ce qui limite le choix des exercices. Beaucoup d'expériences en biologie sont longues et ne peuvent être faites, le matériel biologique est variable et fournit seulement une gamme étroite d'expériences dont on peut attendre un résultat définitif ; enfin, beaucoup de recherches biologiques sont ouvertes et le contrôle portera plus sur la méthode que sur le résultat final. Les questions dans un examen pratique sont forcément limitées en nombre et en diversité, permettant de contrôler un échantillon très limité des savoir-faire de l'étudiant. Une petite erreur, comme la section d'un vaisseau sanguin dans une dissection ou l'échec du montage d'un potomètre, peut être décisive quant aux résultats. Dans ces épreuves, les étudiants manifestent, plus que dans toute autre forme de contrôle encore, des signes de tension. Dans les examens publics, le nombre accru des candidats et le prix de revient ont posé de sérieux problèmes administratifs.

Une liste détaillée des objectifs d'une épreuve pratique faisant partie d'un examen public est un instrument puissant pour influencer l'enseignement de la biologie. Le compte rendu effectué par le Joint Matriculation Board au Royaume-Uni sur l'*Advanced Biology* est construit autour des quatre rubriques suivantes :

1. Chercher et comparer la structure macroscopique des organismes ;
2. Chercher, comparer et relever sous forme de schémas et de dessins la structure microscopique des organismes ;
3. Mener (ou observer les démonstrations) des expériences avec description de la méthode, présentation de données sous forme de graphiques ou autrement, et tirer les conclusions ;
4. Reconnaître à quels grands groupes animaux ou végétaux appartiennent certains spécimens.

De plus amples détails sont donnés à l'intérieur de chacune de ces sections qui sont testées dans une épreuve de trois heures.

L'Examination Council, d'Afrique orientale, présente les objectifs d'une autre manière, pour l'*Advanced certificate* en biologie. Les activités pratiques souhaitées sont précisées dans chaque section du curriculum en relation avec chaque domaine d'étude ; une épreuve pratique d'une heure et demie est fondée là-dessus.

Contrôle cumulé du travail pratique

Pourvu que certains problèmes puissent être résolus, l'idée d'un contrôle du travail pratique contrôlé par les professeurs plutôt que par un examen terminal peut se défendre aussi bien du point de vue éducatif qu'administratif. Le contrôle dans la classe permet de s'assurer d'un éventail de savoir-faire dans un certain laps de temps. Les exercices biologiques qui ne peuvent être évalués dans des examens formels trop limités peuvent alors entrer en ligne de compte. Si les résultats devaient être pris en compte soit dans un système d'unités de valeur internes ou soit comme partie d'un examen public, il faut préciser les domaines de contrôle.

Deux points de vue s'opposent à propos de l'importance qu'il convient de donner aux précisions qui serviront à guider les professeurs. Le contrôle du *Nuffield Advanced level biology* reste aussi simple que possible pour rendre la tâche des professeurs aussi légère que possible grâce aux descriptions complètes des exercices pratiques dans un texte imprimé. On distingue trois types d'opérations : *a*) façon d'agir ; *b*) relevé des résultats ; *c*) traitement des résultats. Quelques détails supplémentaires pour l'interprétation de ces trois subdivisions sont également fournis.

Au contraire, le Joint Matriculation Board demande que l'on contrôle les cinq aptitudes suivantes : *a*) être capa-

ble de manipuler correctement ; *b*) réaliser des recherches par l'observation ; *c*) réaliser des expériences ou mettre en œuvre des procédures suivant des instructions ; *d*) traiter des données expérimentales ; e) organiser des recherches et des expériences.

Des détails supplémentaires sont donnés, avec un système de notation pour chacune de ces aptitudes. De plus, il y a une brochure générale avec des suggestions pour des exercices pratiques et leur contrôle.

Pendant les essais du *Nuffield Advanced biology curriculum,* trois méthodes de contrôle du travail pratique ont été essayées en alternance (Lister, 1969 ; Kelly, 1970). Il s'agissait soit d'épreuves structurées avec des objectifs très clairement délimités, soit de contrôles d'exercices de classe courants ou d'un contrôle global sur une grande période. Les procédures du contrôle global se sont montrées comparables en précision aux épreuves structurées et plus faciles à organiser. Les méthodes actuelles de contrôle utilisées dans ce curriculum ont été établies en fonction des résultats de cette recherche.

Les problèmes particuliers pour noter les savoir-faire pratiques résident dans leur diversité. Si un grand nombre de catégories sont contrôlées séparément, on tend à revenir vers une valeur moyenne quand elles sont combinées en une seule note. De plus, les chances pour obtenir un profil des capacités sont perdues. Cette faible discrimination est manifeste dans les examens pratiques ; cela réduit leur poids comme composant d'un contrôle total des résultats d'un étudiant en biologie.

Le travail pratique pose des problèmes particuliers pour arriver à des niveaux comparables d'une école à l'autre ; on peut faire pondérer les résultats contrôlés par un organisme extérieur. Des tests externes servant de référence qui vérifient les savoir-faire en rapport avec les résultats obtenus dans le travail pratique sont des moyens de pondération statistique à la fois rapides et fiables et sont utilisés au Royaume-Uni. Cependant, la pondération reste un problème pour ce qui est des savoir-faire psychomoteurs réels. Leur contrôle implique une observation réelle des élèves en action, procédure difficile pour le maître et encore plus si l'on utilise un examinateur extérieur.

Contrôle de travaux personnels

Leur introduction dans les contrôles en biologie offre moins de problèmes dans un système de contrôle entièrement interne que dans les examens publics. Dans ce dernier cas, il est difficile de pouvoir comparer les travaux entre eux et pondérer les différences. L'équipe qui a réalisé le cours du *Nuffield Advanced biology* a proposé une solution (Eggleston et Kelly, 1971) ; dans ce programme, la grande variété des travaux est maintenant contrôlée en fonction des catégories opératoires suivantes :

1. Enoncé du problème ;
2. Recherche de connaissances nécessaires au contexte ;
3. Planification de l'action ;
4. Conclusions du travail pratique ;
5 Mise en relation des conclusions et des connaissances en rapport avec le sujet. Suggestions pour prolonger les recherches.

La définition d'un tel travail de recherche dans le cadre de ce programme est discutée à fond dans un petit livre explicatif. Chaque catégorie est notée selon une échelle à cinq niveaux et les travaux sont pondérés par l'examen minutieux des rapports écrits des élèves par une équipe d'examinateurs extérieurs à l'école.

Les problèmes de changement

La réalisation d'un programme de biologie doit tenir compte non seulement des éléments permanents de la science biologique, mais aussi de l'influence des variables locales, besoins sociaux des gens, attitudes culturelles envers la vie et nature des écosystèmes locaux. Comme les programmes essaient d'être de plus en plus adaptés, de telles variables prennent davantage d'importance. Cela est particulièrement vrai au début de l'enseignement secondaire et pour ceux qui considèrent que l'étude de la biologie fait partie de la culture générale. Pour la fin du secondaire et le niveau universitaire, les constantes des sciences biologiques deviennent des objectifs prépondérants non seulement à cause de l'universalité de la pensée formelle, mais aussi comme élément d'une meilleure qualification en biologie.

Un très grand effort pour une meilleure adaptation des curriculums aux conditions locales a été fait pour les nouveaux programmes de sciences générales au niveau du début de l'enseignement secondaire à Sri Lanka. Il concerne des études préprofessionnelles basées sur les industries et les métiers locaux ; 75 % de ces études font appel à la biologie comme la pêche, la culture et le traitement des produits agricoles. Une telle orientation a pour but d'éviter que les élèves ne soient éloignés des possibilités locales d'emploi, ce qui est souvent le cas avec les études classiques. Le *National certificate of general education,* passé au bout de quatre ans, comprend deux compositions :

Epreuve I. 45 items de tests sur les rappels de connaissances, la compréhension et l'application.

Epreuve II. A. Questions structurées en relation avec des savoir-faire pratiques. B. Questions à réponses libres pour juger de l'esprit critique et des niveaux conceptuels avec des indications sur les attitudes.

Le contrôle local des savoir-faire pratiques doit être introduit progressivement. On espère dans la suite donner la même importance en notation au contrôle interne et au contrôle externe. Les tendances consistant à remplacer les examens externes par les examens internes dans les écoles sont nettes en Australie, en Nouvelle-Zélande, au Canada, et dans différents pays d'Europe. En Inde, l'Examination Reforms Committee a préconisé un système d'écoles autonomes comme les écoles délivrant les diplômes aux Etats-Unis. En Thaïlande, le contrôle interne est proposé comme allant de pair logiquement avec le passage à un système de semestres.

Produire des épreuves valables pour l'ensemble des savoir-faire d'un programme représente un sévère défi lancé

aux professeurs. Une transformation de l'autorité centrale chargée des examens pourrait permettre des améliorations dans les domaines suivants :

Formation et recyclage dans les savoir-faire complexes de rédaction d'épreuves ;

Fournir des modèles de constructions d'épreuves, en même temps que des guides du maître ;

Prévoir une banque d'items dans lesquels les professeurs aient la possibilité de puiser pour composer les épreuves ;

Regrouper les écoles pour une entraide réciproque au niveau des contrôles.

Aux Etats-Unis, on fait grand usage d'épreuves commercialisées qu'on peut se procurer dans un certain nombre d'agences. Dans plusieurs pays, des livres de tests sont publiés ; beaucoup sont de mauvaise qualité.

Grobman (1966) a indiqué que les tests réalisés par les professeurs favorisaient le contrôle d'éléments de connaissance isolés, d'abord par manque d'expérience pour tester les savoir-faire d'un niveau plus élevé et ensuite même si cela est fait, les items tendent à se référer à des situations d'apprentissage antérieures et de ce fait retombent sur les rappels de connaissance.

Coopération internationale et contrôle des résultats des élèves

Echanges entre les pays

Des échanges de points de vue sur les techniques de contrôle peuvent s'avérer utiles entre des pays de niveau culturel équivalent et au même stade pour ce qui concerne l'enseignement de la biologie. Il est plus facile d'adopter une nouvelle technique quand on sait qu'elle a été appliquée avec succès dans une situation analogue et le fait de connaître au départ les difficultés liées à la mise en œuvre de telles techniques permet de réduire le temps nécessaire aux essais et aux mises au point lorsqu'on utilise de nouvelles formes de contrôle.

Une telle coopération a eu un rôle important en ce qui concerne les tests pour lesquels de nombreux pays ont utilisé l'expérience des Etats-Unis. Pour ce qui est du contrôle cumulé du travail pratique, les travaux du Nuffield Biology Project au Royaume-Uni ont été repris ailleurs. L'expérience australienne des techniques de contrôle en vue d'un diagnostic aura probablement une grande importance dans la réalisation de tests formatifs. Les échanges d'expériences en matière de contrôle à l'échelon local et sur celui des travaux personnels d'élèves sont maintenant possibles entre les pays en développement : cela sera sans doute plus efficace pour faciliter l'utilisation de contrôle que l'apport direct de techniques à partir de pays plus développés. Une telle mise en commun de banques de sujets se réalise déjà entre les pays en développement. C'est un domaine qui pourrait prendre de l'extension et faire partie des activités de coopération concernant l'enseignement de la biologie à l'échelle d'une région du monde. Un certain nombre de projets provenant de pays en développement offrent toute une gamme de matériels, en particulier des documents permettant de guider les professeurs dans des domaines précis. On pourrait sélectionner les mieux adaptés et les distribuer plus largement.

Visites

Il existe déjà des visites de spécialistes du contrôle dans différents projets de réalisation de curriculums permettant de comparer les lignes de conduite adoptées, les buts, les objectifs et les techniques. Au départ, leurs activités concernent les rapports des épreuves de contrôle avec le curriculum et l'aboutissement de leur travail est la constitution d'une équipe viable d'examinateurs. A tous les stades, leur travail se rattache aux activités d'évaluation liée à la réalisation même du curriculum. Il est nécessaire de faire appel aux spécialistes de l'évaluation y compris aux spécialistes des contrôles au stade critique de la mise en œuvre d'un curriculum sur une grande échelle.

De courtes visites de personnes ayant une position clé dans les pays en développement — en particulier ceux qui s'occupent d'organisation administrative — pour prendre contact avec les institutions correspondantes dans d'autres pays représentent une forme de coopération utile et dont les effets sont immédiats.

A plus long terme, des études et des recherches menées par des étudiants en fin d'études dans les universités peuvent aider les pays à former leurs propres spécialistes en matière de contrôle.

Etudes en matière de contrôle

Deux types de recherches sont possibles.

Recherches sur le maintien des systèmes

Il s'agit d'améliorer les systèmes de contrôle existants. A l'échelle internationale, on a entrepris quelques études sur l'équivalence des contrôles d'un pays à l'autre. En continuant dans ce sens, on permettrait aux différents pays de confronter leurs points de vue respectifs et les progrès à différents niveaux de l'enseignement. De telles comparaisons pourraient stimuler les efforts vers une plus grande fiabilité, des déterminations de profils, les rôles de diagnostic et de prévision des contrôles en précisant de bons critères pour le choix des contrôles dans l'enseignement de la biologie.

Par de tels changements contrôlés au niveau de l'évaluation, on peut améliorer l'enseignement de la biologie lui-même, en assurant une continuité à l'intérieur du système scolaire.

Recherches en évaluation

Des travaux sur les conséquences les plus fondamentales des contrôles ont donné lieu à de nombreuses recherches ponctuelles. Cependant, il y a encore beaucoup à faire dans

des domaines qui demandent une coopération internationale. Il faut poursuivre les recherches sur les objectifs appropriés à différents niveaux culturels et les formes de contrôle qui s'y rattachent. Il faut étudier également, et cela est urgent, les effets du contrôle sur le passage d'un niveau à l'autre de l'enseignement lorsque cet accès est restreint. Réciproquement, les études sur le contexte économique et social dans lequel se font les contrôles seraient une étape utile pour qu'ils deviennent plus adaptés et plus dignes de confiance.

Résumé et recommandations

1. Les contrôles doivent être élaborés directement à partir de l'exposé des objectifs pédagogiques du curriculum. Aux premiers niveaux de l'enseignement, ils doivent tenir compte du stade de développement conceptuel. Ultérieurement, il faut se référer à des niveaux définis de compétence en biologie.
2. Un enseignement efficace exige un diagnostic permanent du niveau atteint par les élèves. L'utilisation de tests de diagnostic comme partie intégrale de l'enseignement de la biologie représente une aide appréciable pour y parvenir. On peut aider les enseignants dans cette tâche en leur proposant des items de tests rassemblés dans une banque centrale ou des tests complets préparés par des spécialistes.
3. Le contrôle des objectifs en biologie ne doit pas être masqué par un appel trop marqué aux capacités verbales (comme la compréhension et l'expression) quand on s'adresse aux jeunes élèves ou à des cultures qui ne favorisent pas de telles capacités. A des niveaux plus élevés de l'enseignement, les capacités verbales doivent être contrôlées en tant qu'éléments essentiels de l'éducation scientifique. Des contrôles écrits des résultats des élèves ont plus de chances d'être en relation avec les objectifs d'un cours si on les conçoit à partir d'un tableau à double entrée. Une des entrées correspond au contenu du cours de biologie, l'autre aux savoir-faire exprimés en termes de comportement que les élèves mettent en œuvre dans leurs réponses. Ces savoir-faire doivent comprendre la mémorisation des connaissances, la compréhension des principes biologiques et des savoir-faire en relation avec les méthodes de la science telles que l'application des principes, le traitement des données, la construction et le contrôle des hypothèses et la résolution des problèmes.

   On obtient un contrôle plus représentatif des buts du curriculum en utilisant un ensemble de diverses techniques de contrôle plutôt qu'en se limitant à un seul style. On demandera aux élèves de répondre à une panoplie de types de questions, introduites de préférence dans les paragraphes séparés d'un examen. Elles peuvent être constituées d'items de type objectif, de questions structurées et de petites rédactions. De plus, on peut faire appel au contrôle d'activités particulières pendant le déroulement de l'enseignement.

   La validité des examens écrits comme instruments de mesure correcte des performances des élèves peut être améliorée dans la mesure où l'on réduit le choix des questions proposées ; lorsqu'un choix est proposé, les niveaux de difficulté et les capacités contrôlées sont tellement différents d'une question à l'autre qu'on arrive à un examen particulier pour chaque élève. En revanche, un contrôle composé de questions obligatoires offre une mesure correcte des performances de tous les élèves contrôlés.
4. Comme la connaissance pratique de la matière vivante, des expériences et des phénomènes constitue une partie importante de l'enseignement de la biologie, on ne doit pas négliger le contrôle des activités des élèves dans ces domaines. Le contrôle continu des performances des élèves autant que le questionnement oral fournissent l'occasion d'évaluer des savoir-faire tels que l'observation, la manipulation, la prise de notes. Des contrôles formels du travail pratique s'intéressent moins aux processus puisqu'ils tendent à se limiter aux contrôles des résultats de la pratique des savoir-faire. De plus, ils empêchent le contrôle des expériences de longue durée et soulèvent des problèmes quand on veut évaluer les résultats expérimentaux obtenus à partir de matériel vivant.
5. L'ensemble des effets éducatifs d'un curriculum inclut le développement des attributs de la personnalité des élèves. Dans un cours de biologie, de tels attributs peuvent inclure ceux qui sont essentiels à la science, comme la curiosité, la persévérance, le goût d'une pensée critique et les attitudes favorables à l'égard de l'étude de la biologie. Tandis qu'on peut douter de l'intérêt d'introduire de tels éléments dans les systèmes de contrôle continu, leur diagnostic est une composante valable de la communication entre maître et élèves et des recherches supplémentaires sont nécessaires pour en mesurer l'effet sur les performances des élèves.
6. La possibilité de travailler en groupe est offerte aux élèves dans diverses activités pratiques, études de terrain et travaux de type projets. Le contrôle d'un groupe en tant que tel peut augmenter l'enthousiasme et inciter à plus de responsabilité sociale.

   Si l'on demande un contrôle individuel au sein d'un groupe, il faut être en mesure d'identifier le travail de chaque élève et l'on perd ainsi certains des avantages du contrôle de groupe.
7. Si l'on accepte que le maître lui-même puisse le mieux assurer le contrôle de certains objectifs, il est recommandé que dans tout système de contrôle externe on puisse inclure le contrôle fait par le maître comme élément du contrôle final de l'élève. En même temps, il faut maintenir l'équivalence des niveaux de contrôle entre écoles et institutions par le biais d'une pondération.

8. La formation initiale des maîtres doit comporter une initiation aux diverses techniques de contrôle avec des indications de leur emploi en relation avec des objectifs particuliers. Des maîtres de tous les niveaux et d'autres personnes également concernées par les procédures d'examens doivent être encouragés à participer à des cours de formation permanente afin de développer une même pratique, de donner des informations sur de nouvelles techniques et dans le but d'apporter leur propre contribution aux modifications de style des contrôles.
9. Il est souhaitable de favoriser la coopération entre les maîtres dans le développement de tests et d'autres techniques de contrôle. L'échange de matériel de contrôle à l'échelon local est une manière utile de renforcer de telles activités dans les écoles.

Bibliographie annotée

Center for the Study of Evaluation. *Instructional objectives exchange*, Biology 10-12. Los Angeles, California University, 1970. Un ensemble d'objectifs d'instruction issus de diverses sources avec des techniques de mesure pour chaque objectif.

Comber, L. C.; Keeves, J. P. Science education in nineteen countries, an empirical study. *International studies in evaluation.* Unesco. New York, John Wiley, 1973. Objectifs éducatifs et procédures de contrôle employés dans l'enquête internationale par l'Institut d'éducation de l'Unesco à Hambourg.

Cooper, B.; Foy, J. M. Examinations in higher education. *Journal of biological education*, vol. 1, juin 1967, p. 139-151. Une comparaison utile des mérites, des essais et des tests au niveau universitaire.

Ebel, R. L. The future of measurements of abilities. *Educational research*, vol. 2, mars 1973, p. 5-12. Des réserves sur l'emploi de critères de tests hautement spécifiques et de techniques sophistiquées sont exprimées. Composition de tests de type critère ou normé. Discussion utile des problèmes d'élaboration de test et de validité.

Eggleston, J. F.; Kelly, P. J. The assessment of project work in A-level biology. *Educational research*, vol. 12, 1971, p. 225-229. Définition du travail par projet. La grande diversité des études individuelles est ramenée à une suite commune d'opérations qui peuvent être contrôlées par le maître et vérifiées ultérieurement par un examinateur extérieur.

Gardner, P. L. Prerequisite concepts and principles for high school biology. *Journal of biological education*, vol. 3, mars 1969, p. 11-21. Liste globale du projet australien des matériels destinés à vérifier la prédisposition en biologie. On fait référence aux tests diagnostics disponibles auprès du Conseil australien de la recherche en éducation.

Harvey, T. J. What are public examinations trying to measure? *Education in science*, vol. 62, avril 1975, p. 25-26. Des arguments contre l'emploi de la notation de type normé dans les examens publics et pour la notation de type critère et les profils fondés sur des objectifs bien définis.

Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology. *Teacher's guide to evaluation in biology*. Bangkok, 1975. Le guide est une aide pour les maîtres dans le passage d'une forme d'examen centralisé à un contrôle en classe. Un ensemble d'objectifs et un exemple de test sont reliés aux principes qui ont présidé à la conception des tests de type objectif et de contrôles du travail pratique.

Institute of Biology. Examining in degree courses. *Journal of biological education*, vol. 6, octobre 1972, p. 301-321. Articles sur différentes techniques de contrôle employées au niveau universitaire et présentés à une réunion du comité d'enseignement biologique. On y trouve des résultats de recherches sur ce que donnent certains tests.

Kastrinos, W.; Erk, F. C. The advanced placement exam in biology. *The American biology teacher*, mai 1974, p. 282-291. Détails sur la mise au point de cet examen ainsi qu'exposé d'un exemple complet.

Kelly, P. J.; Mowl, B. S. *Nuffield advanced science teachers guide to the study guide.* Hardmondsworth, Penguin books, 1970. Un livre de données et de problèmes biologiques avec des questions et des réponses pour le contrôle des élèves. Il y a également un paragraphe sur la conception des contrôles et des tests.

Koos, E. M.; Chan, J. Y. Criterion referenced tests in biology. *Kansas, Mid-continent regional Education Lab.*, 1972. La mise au point d'une série de tests à sujet unique pour la performance de quatorze savoir-faire orientés vers la recherche. On indique des méthodes de contrôle de qualité dans la mise au point de tests.

Koran, J. J.; Wilson, J. T. Public accountability. *The American biology teacher*, mars 1973, p. 151-154. Critères pour la mise au point de procédures homogènes en Floride (Etats-Unis) pour le contrôle de l'efficacité du maître et des performances des élèves.

——; ——. Research on objectives for high school biology. *The American biology teacher*, mars 1973, p. 151-154. Comment mettre au point des modèles d'objectifs et les classer. Des méthodes pour en assurer un contrôle de qualité sont proposées.

Kormondy, E. J. *Commission on Undergraduate Education in the Biological Sciences News*, vol. 7, nº 5. Washington, 1971. Un numéro qui contient 42 références à des pratiques de notation dans l'évaluation des élèves.

Kuhn, D. J. Behavioural objectives. *Science education*, vol. 54, juin 1970, p. 123-126. Une stratégie de développement des objectifs définissant d'abord les comportements finals, ce qui permet de déterminer le mode de contrôle. Un exemple biologique est présenté.

Lister, R. E. The aims of questions in A-level biology examinations. *The school science review*, vol. 50, mars 1969, p. 514-527. Une revue de diverses techniques d'examen et leur application à différents objectifs.

Nakayama, K. Methods of screening by higher educational institutions. *Developments in educational testing (Berlin);* 1968, p. 232-242. Une revue des buts, types et méthodes de sélection avec les problèmes; propositions pour une réforme.

——. Evaluation: its meaning in new biology teaching and training of teachers. *Asian Association for Biology Education*, 1970. Rapports sur les résultats d'essais de tests et revues d'opinions sur les objectifs et les techniques de contrôle. On discute du problème de la compétence des maîtres à propos de la disjonction entre l'expérience de l'élève et les tests.

Orejas, B. M. Resultados de la encuesta sobre la enseñanza de las ciencias biologicas. *Segunda Conferencia Interamericana sobre la Enseñanza de la Biologia.* Washington, 1973. Un article analysant l'évolution des modes de contrôle dans dix-neuf pays américains, présenté à la conférence d'Asuncion organisée par l'Organisation des Etats américains.

Plewes, J. A. Evaluation of attitudes and interests in a science course. *Scea bulletin*, vol. 9, Spring 1975, p. 8-10. L'application et

les résultats d'un test de capacités non cognitives sur des groupes sélectionnés et non sélectionnés d'enfants du niveau de l'école moyenne.

Saunders, A. *Etudes des programmes européens, n° 3 : biologie.* Strasbourg, Conseil de la coopération culturelle, 1972 (épuisé). Revue sur le statut de l'enseignement de la biologie. Les examens sont reliés aux méthodes d'enseignement et aux divers aspects importants des curriculums.

Selmes, C. *New movements in the study and teaching of biology.* London, Temple Smith, 1974. On trouve en particulier un chapitre sur les divers modes de contrôle en biologie montrant une gamme de diverses techniques avec des exemples. Les chapitres sur les attitudes et la nécessité d'un changement concernent également l'évolution des contrôles.

Simpson, R. D. Evaluation of non-cognitive achievement in biology. *The American biology teacher,* vol. 35, novembre 1973, p. 441-444. Propositions de remplacement d'une évaluation intuitive de performances non cognitives par des objectifs et une liste de contrôle. L'emploi d'une échelle de Likent pour obtenir un score numérique est indiqué.

Sweat, J. An individualized course in college biology. *The American biology teacher,* mars 1974, p. 156-160. Le format, la structure modulaire et le contenu du cours sont reliés aux problèmes particuliers du contrôle d'un apprentissage individualisé. On donne les techniques de contrôle employées dans les cours.

Tamir, P. The practical mode. A distinct mode of performance in biology. *Journal of biological education,* vol. 6, juin 1972, p. 175-182. Présentation des éléments des trois différents modes de performance en biologie : analytique, constructif et pratique. On y trouve un test de laboratoire destiné à contrôler des savoir-faire qui ne peuvent pas être mesurés par des tests écrits.

——. The role of oral examinations in biology. *The school science review,* vol. 54, septembre 1972, p. 162-165. On encourage l'emploi de l'examen oral en liaison avec d'autres formes de contrôle. On donne les résultats d'essais dans lesquels les performances à l'oral sont comparées avec d'autres mesures.

Thompson, J. ; Saltzman, K. ; Griffith G. ; Joko, R. Samples, R. Behavioural objectives. The paper tiger of accountability. *The American biology teacher,* mai 1973, p. 119-120. Divers arguments à l'encontre de l'emploi d'objectifs de comportements avec des élèves en particulier dans des curriculums d'autoréalisation.

Progrès dans la formation et le recyclage des professeurs de biologie

Introduction : les professeurs de biologie sont des éducateurs

Dans l'importante publication de l'Unesco [78] [1], *Apprendre à être*, qui incite à la réflexion, on trouve les remarques suivantes :

" Les éducateurs, dont l'une des tâches essentielles est actuellement de transformer les mentalités et les qualifications inhérentes à toutes les professions, devraient être les premiers disposés à repenser et transformer les critères et les données de la profession enseignante, dans laquelle les fonctions d'éducation et d'animation prennent de plus en plus le pas sur les fonctions d'instruction.

La distinction qui existe actuellement entre l'éducation formelle et informelle, l'éducation à l'école et hors de l'école, l'éducation des enfants et celle des adultes, est en train de s'estomper. Les enseignants formés aujourd'hui continueront à exercer leur profession au-delà de l'an 2000. C'est dans cette perspective que devrait être conçue leur formation : modifier profondément les conditions de formation des enseignants, afin de former essentiellement des éducateurs, plus que des spécialistes de la transmission de connaissances programmées ; adopter le principe d'un premier cycle de formation accélérée, suivi de cycles de perfectionnement. "

Quelles sont alors les caractéristiques qui font d'un enseignant de biologie un éducateur " plus qu'un spécialiste de la transmission de connaissances programmées " ? Dans la plupart des programmes de formation mis au point durant les cinq dernières années on s'est attaché à développer la compétence professionnelle plutôt que la compréhension des concepts biologiques ou une pédagogie théorique [284]. Cette formation des maîtres axée avant tout sur la compétence est devenue un des thèmes de la seconde moitié de l'actuelle décennie et des auteurs comme Houston et Howsam [122] en ont présenté les principales caractéristiques. Elle fait appel à des objectifs précis en matière d'apprentissage exprimés en termes de comportement, à la définition de méthodes pour évaluer la réalisation de ces objectifs, à la mise en commun par les maîtres formés des objectifs, des moyens d'évaluation, des critères et des activités proposées au choix et enfin à l'évaluation de l'apprentissage en termes de critères de compétence. Ces programmes axés sur la compétence supposent en général un apprentissage contrôlé et ils confèrent à celui qui apprend la responsabilité de satisfaire aux critères imposés [122 : p. 5-6].

On retrouve cette tendance dans de nombreux programmes. On peut signaler le programme Science Teacher Education Program (STEP) de Grande-Bretagne [110, 111, 264, 265], ainsi que les projets d'Australie [171], du Canada [214], du Nigéria [291, 308], des Philippines [117], de Thaïlande [162] et des Etats-Unis [6, 7, 24, 52, 95, 142, 161]. Les aspects généraux de cette compétence et des modèles de formation des maîtres qui en tiennent compte ont fait l'objet d'une mise au point par Razik dans un récent rapport de l'Unesco [235]. Ces programmes n'ont de sens toutefois que s'ils sont placés dans un contexte plus vaste.

En 1968, Joyce, dans un rapport publié par le Bureau de l'éducation des Etats-Unis [137], a proposé un schéma général pour la formation des maîtres. Il a en particulier suggéré que les programmes de formation devaient avoir pour objectifs de conférer aux maîtres quatre rôles professionnels fondamentaux :

- Avoir une bonne formation générale, être compétent dans sa spécialité, comprendre les élèves et la pédagogie ;
- Savoir s'adapter aux besoins de ses élèves ;
- Etre un innovateur, c'est-à-dire manifester un esprit de recherche et désirer constamment tester de nouvelles idées ;
- Contribuer à l'organisation de l'enseignement et à la détermination de ses finalités, au sein d'un groupe.

Pour justifier la réalisation du STEP au Royaume-Uni [111, 248, 264, 265] Haysom et Sutton [110] ont pré-

1. Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie en fin d'article.

senté des idées très voisines de celles de Joyce et, selon eux, les enseignants doivent avoir par exemple, les qualités suivantes :

Capacité d'organiser efficacement l'apprentissage en mettant l'accent sur le déroulement de l'enseignement ;

Capacité de créer et de maintenir des rapports fructueux avec les élèves, en insistant sur les relations personnelles entre les individus ;

Capacité de s'adapter à tout moment aux nécessités de l'enseignement en insistant sur les changements d'attitude indispensables.

Les caractéristiques d'un bon enseignement ont fait l'objet de nombreuses recherches et Biddle et Ellena les ont passées en revue dans leur monographie intitulée *Contemporary research on teacher effectiveness* [20] (Recherche contemporaine sur l'efficacité de l'enseignement) ; on doit des publications plus récentes sur le même sujet à Morrison et McIntyre [191] et à Smith [253]. Sixten Marklund [178] fait cependant remarquer que le maître opère à deux niveaux, un micro-niveau et un macro-niveau ; le premier concerne le comportement dans la classe et le second se réfère au maître en tant que " fonctionnaire d'une communauté au sens large ". Marklund pense que c'est par la combinaison des comportements à ces deux niveaux que "l'on pourra développer de nouvelles théories relatives aux aptitudes des maîtres et à l'efficacité de leur enseignement ".

Il existe un certain nombre de réflexions sur les qualités que l'on peut attendre des enseignants et des enseignants de biologie en particulier. Parmi celles-ci, on peut signaler la liste établie par l'Association nationale des professeurs de sciences des Etats-Unis d'Amérique [202] (National Science Teacher Association, NSTA) qui permet à chacun de se contrôler : le professeur de sciences doit avoir une bonne formation scientifique et en sciences humaines ; il doit avoir une conception pratique de l'éducation ainsi que les savoir-faire pédagogiques nécessaires ; il doit continuer durant toute sa carrière à améliorer ses connaissances et ses qualités professionnelles ; il doit contribuer à créer un milieu favorable à l'enseignement ; il doit maintenir son statut professionnel, contribuer à l'amélioration de l'enseignement des sciences et s'intéresser profondément à la qualité des futurs enseignants de sciences. A l'Université du Maryland, Melton Goldman [95] a récemment établi une liste en 75 points des qualités professionnelles des maîtres et cet auteur estime qu'elle représente un outil pour les professeurs en exercice en leur permettant d'évaluer eux-mêmes leurs compétences en matière d'enseignement des sciences. Cette liste comporte les parties suivantes : connaissances de base, techniques de formation, mise au point des curriculums, connaissance des organisations professionnelles, moyens de formation, préparation du matériel et consignes de sécurité.

En 1973, la Fondation nationale pour la recherche pédagogique du Royaume-Uni (National Foundation for Educational Research) a publié un manuel sur les objectifs de la formation des maîtres (*The objectives of teacher education*), mis au point par l'Institut pédagogique de l'Université de Leeds [159]. Cet ouvrage est dans la ligne d'une formation fondée sur la compétence et il fournit des listes parallèles des besoins des élèves et des besoins professionnels des maîtres. Cela suppose qu'on doive présenter une évaluation de la formation en termes de comportement des élèves. Pour ces derniers, on estime qu'ils doivent entre autres " acquérir et développer des qualités d'observation, de mesure et de relevé de données ", tandis que le maître est censé devenir expert par exemple dans " l'élaboration de schémas de travail et de plans de cours " [159 : p. 26-27, 32-34, 44-46].

Ayant trait également aux qualités particulières requises pour les enseignants de biologie, deux études récentes présentent un intérêt considérable. Beisenherz et Probst [19], travaillant avec des professeurs de biologie dans quatre villes distinctes des Etats-Unis d'Amérique en 1973, ont identifié 35 techniques et aptitudes que ces enseignants estiment nécessaires aux futurs maîtres avant leur entrée dans la vie active. Ces techniques concernaient par exemple la manipulation des microscopes, la décérébration des grenouilles, la mesure d'un pH, l'utilisation des kymographes et les techniques d'inoculation et d'ensemencement en microbiologie. Addison Lee a envisagé ces qualités de façon plus large et dans sa monographie relative à la formation des maîtres de l'enseignement secondaire, il en a fait une liste détaillée qui avait été proposée en 1966 par la Commission de l'enseignement des sciences biologiques au niveau préuniversitaire (CUEBS) [156]. Cette liste est divisée en trois parties. La première concerne neuf aptitudes se rapportant au fondement philosophique de l'enseignement de la biologie, par exemple développer une prise de conscience des rapports entre la société et la biologie ou comprendre la responsabilité du biologiste en matière d'éthique. La seconde partie traite des compétences personnelles : dix sont citées, comme la nécessité de développer et de renforcer la confiance en soi, l'habileté à choisir le matériel, l'équipement et les fournitures nécessaires ainsi qu'à classer et à organiser. La troisième partie est relative à la pédagogie des futurs maîtres : douze qualités sont citées sous des rubriques comme la philosophie et les raisons d'être d'un programme de biologie, l'utilisation des moyens d'enseignement, les techniques de la classe, l'organisation des locaux scientifiques et les techniques d'évaluation.

Toutes ces considérations relatives aux qualités jugées souhaitables pour les enseignants de biologie ont en partie évolué pour répondre aux changements d'orientation des programmes scolaires de biologie. En effet, on insiste davantage aujourd'hui sur des objectifs généraux d'éducation que sur les objectifs en rapport avec les intérêts limités du biologiste. Ces objectifs mettent l'accent par exemple sur les qualités intellectuelles liées à un apprentissage fondé sur la découverte [49, 50, 87, 138, 206, 262, 300] ; on insiste également sur les problèmes sociaux concernant l'individu ou la communauté nationale tels que l'état sanitaire, le développement de la personnalité, l'agriculture, la croissance économique. Des programmes scolaires bien établis comme le BSCS aux Etats-Unis [99] et le programme Nuffield au Royaume-Uni [144] ont certainement exercé une influence sur les nouveaux programmes de biologie des écoles secon-

daires existant actuellement en Afrique orientale [187, 269, 286]; en Guyane [149], en Inde [128, 183]; au Malawi [176]; en Malaisie [250] et aux Philippines [117], pour ne citer que quelques pays. Certains cours de biologie ont par ailleurs évolué vers des programmes plus larges de science intégrée ou d'études sur l'environnement [233]. On peut citer à titre d'exemples le projet d'enseignement des sciences d'Australie ASEP [234]; le programme d'enseignement scientifique intégré à orientation sociale commencé en 1973 dans le Moyen-Ouest nigérian [90]; le programme d'enseignement scientifique intégré des trois premières années de l'école secondaire et le programme d'enseignement général des sciences pour les quatrième et cinquième années en Malaisie [250]; le programme d'enseignement intégré du Botswana, du Lesotho et du Swaziland [175]; le programme d'enseignement scientifique intégré pour les élèves d'âge compris entre douze et quinze ans, en Irlande, patronné par le Trinity College de Bublin [225] et le programme d'enseignement des sciences des Caraïbes [295, 311].

Ces tendances traduisent les pressions qui s'exercent sur ceux qui élaborent les programmes afin de rendre ces derniers plus conformes aux besoins de la société. Il en a également résulté une réflexion sur le rôle du maître et sur les qualités qui devraient être les siennes. Il a fallu revoir la formation initiale des maîtres et de leur recyclage ultérieur en ce qui concerne leurs objectifs, leurs modalités, leur contenu et leurs processus. A mesure que l'enseignement de la biologie devient plus adapté, il devient aussi plus populaire que celui des autres disciplines scientifiques comme l'ont récemment montré des enquêtes faites au Royaume-Uni par O'Donovan [213] et en Australie par Fensham [80]; cette constatation a aussi des conséquences sur les modes de formation et de recyclage des maîtres.

En conclusion, on assiste à une évolution dans la nature des qualités jugées nécessaires pour les enseignants de biologie, partant de celles requises pour l'organisation et la transmission des connaissances biologiques et évoluant vers une compétence professionnelle plus étendue qui met particulièrement l'accent sur la solution des problèmes et la méthode de la découverte. L'enseignant nouvellement formé doit pouvoir s'adapter aux changements de la société où il vit, car il doit faire un enseignement conforme aux besoins des individus et de cette société. Il doit aussi pouvoir s'adapter à la popularité croissante de la biologie qui est choisie de préférence aux sciences physiques. La tendance est donc actuellement vers des programmes de formation cherchant à développer la compétence des maîtres.

Les modes de formation des maîtres de l'enseignement secondaire : Formations successives ou parallèles

Le rapport James [62] sur la formation des maîtres au Royaume-Uni propose trois cycles pour cette formation. Le premier correspond à un diplôme d'enseignement supérieur obtenu en deux ans et qui concerne avant tout une formation personnelle. Le second cycle correspond à un programme de formation pédagogique de deux années dont l'une est passée dans une institution spécialisée et l'autre dans une école. Ce second cycle "devrait être spécialisé et fonctionnel grâce au contact direct avec le travail qu'aura à accomplir le futur maître au début de sa carrière". C'est un plaidoyer pour un programme fondé sur la compétence ; l'amélioration des qualités professionnelles, la formation du maître en vue de faire face aux changements futurs dans son métier représentent les objectifs du troisième cycle. Dans un article préparé pour l'école d'éducation de l'Université Macquarie, en 1974, Harry Thompson [272] estime que la plupart des qualités énoncées par Joyce à propos du rôle du maître dans l'innovation et dans l'élaboration du système éducatif relèvent en fait du troisième cycle tel qu'il est défini dans le rapport James, c'est-à-dire la phase du recyclage.

Le rapport James tente de répondre à l'éternel problème du formateur qui "fabrique dans le présent un produit qui sera opérationnel dans le futur".. Cette préoccupation de l'avenir renforcera probablement les critiques traditionnelles du futur maître qui estime que son expérience est souvent sans rapport avec les réalités de la classe. Les institutions de formation, incapables de faire face convenablement aux besoins du futur et du présent, sont alors contraintes de fournir des solutions partielles [272]. Le rapport James offre une solution en réduisant le champ de la formation initiale et en étendant les actions de recyclage.

Un autre problème concerne le maintien de l'équibre entre les connaissances indispensables en biologie et la formation pédagogique. Dans la plupart des pays européens, et plus récemment dans plusieurs pays en développement, la formation des maîtres de l'enseignement secondaire a consisté à délivrer un diplôme classique orienté vers les sciences biologiques, suivi d'une année en fin d'études consacrée à la formation pédagogique. La difficulté principale d'une telle organisation est le manque d'intégration des objectifs aux différents niveaux du programme ainsi que les conceptions divergentes du scientifique et de l'éducateur : avec cette façon d'opérer, la plupart des qualités professionnelles évoquées plus haut sont à acquérir au niveau de la dernière année du programme de quatre années d'étude seulement, ce qui est peu réaliste. Dans certains cas, cependant, on a tâché de surmonter cette difficulté en insistant au maximum sur les savoir-faire pédagogiques. Le diplôme d'enseignement des sciences de l'Université de Monash, à Victoria en Australie, en est un exemple [81, 82, 101]; ce diplôme sanctionne en effet un enseignement qui comprend trois éléments constitutifs : un programme obligatoire pour tous les étudiants concernant la pédagogie des sciences; une série de cours réduits à option, comprenant à la fois un contenu scientifique et le développement d'aptitudes professionnelles (ils se déroulent en laboratoire et concernent des domaines absents de la formation antérieure); un séjour d'une semaine dans une unité d'enseignement. Un autre exemple est celui de l'Institut d'éducation de l'Université de Londres [165, 292].

En France, où tous les enseignants de biologie enseignent également la géologie, le schéma classique de la formation des maîtres de l'école secondaire, lycées et collèges, comprend une formation académique de quatre ou cinq ans dans le cadre des universités et sous leur responsabilité ; cette formation est de niveau élevé et ne diffère pas obligatoirement de celle que reçoit un étudiant faisant des études supérieures de biologie ou de géologie ne se destinant pas à l'enseignement. Après ces études purement universitaires, les futurs enseignants subissent deux concours, le certificat d'aptitude au professorat à l'enseignement secondaire (CAPES) après quatre ans d'études, ou l'agrégation, après cinq années. Après succès à l'un ou l'autre de ces concours, les élèves-maîtres suivent un an de formation pédagogique dans des centres pédagogiques régionaux placés sous l'autorité de l'inspection générale et font, entre autres, vingt-sept semaines de stage dans des classes avec des conseillers pédagogiques. Cette situation, qui dure depuis 1950, est peut-être sur le point d'évoluer, d'abord par la création, dans certaines universités, de *cursus* pour les futurs enseignants dans lesquels les formations académique et pédagogique coexistent dès le début des études et d'UER (unités d'enseignement et de recherche) de sciences de l'éducation. Le second facteur d'évolution possible est le développement de la recherche pédagogique au sein de l'INRP (Institut national de la recherche pédagogique) et la mise en place d'établissements expérimentaux.

En dehors de ce système de formation en fin d'études (consécutif), il existe une formation "parallèle", dans laquelle l'acquisition des connaissances biologiques se fait en même temps que la formation pédagogique. Dans certains cas, la didactique, c'est-à-dire l'enseignement des méthodes de la biologie, se fait dans un département des sciences biologiques ou au sein d'un département des sciences de l'éducation. Le personnel enseignant peut ne pas être spécialisé, c'est-à-dire faire à la fois l'enseignement de la biologie et de la pédagogie. Le mode de formation "parallèle" le plus répandu est celui du Bachelor of Education Program (B.Ed). Au Royaume-Uni, ces diplômes correspondent à des programmes de quatre années préparés dans les collèges d'éducation ; au bout de trois années on y obtient un certificat d'enseignement des sciences et les diplômés peuvent enseigner dans des écoles primaires et dans le premier cycle de l'enseignement secondaire [30, 56, 61, 279]. Une enquête terminée en 1971 et relative aux collèges d'éducation du Royaume-Uni a montré que 98 d'entre eux sur 161 offraient des cours pour la licence d'enseignement en biologie et que dans la majorité des cas [86], la formation de ces futurs licenciés se faisait en même temps que celle de ceux qui se préparaient en trois ans au certificat d'enseignement [12]. Le diplôme mixte de science et d'enseignement délivré par le Chelsea College de Londres [39] correspond à ce type de programme. Le programme de licence d'enseignement offert par le Worcester College est également caractéristique [312].

Ce type de formation du B.Ed. s'est beaucoup développé et son succès dépend de la manière dont on a associé contenus scientifique et pédagogique. A l'Université de Cape Coast au Ghana, ce programme parallèle s'est développé en association étroite avec la Commission de biologie du Ministère de l'éducation [211] ; pendant la première année universitaire les élèves-maîtres doivent travailler en fait sur le programme de biologie des écoles secondaires. Des programmes analogues existent dans les universités de Melbourne [208], du Nigéria [291, 308], à la Faculté de Njala en Sierra Leone [38], à l'Université du Malawi [48]. à l'Université de Port Elizabeth, en Afrique du Sud [192], à l'Université du Pacifique Sud de Fidji [48] et à l'Université de Zambie [243]. Ces programmes de formation "parallèle" ont été présentés dans différentes publications : pour le Royaume-Uni et certains pays du Commonwealth, par Barnes [13] ; D'Aeth et Brown [56], Greswell [98], Hughes (Pakistan) [124], par Northfield (Australie) [208], et par Ghani (Malaisie) [93, 290]. Un certain nombre de cas de formation "parallèle" ont été présentés à la Conférence du Commonwealth sur la formation des maîtres, à Nairobi en avril et mai 1973 [48]. Le programme suivant, en vigueur à l'Université Sains en Malaisie, qui comprend quatre années d'études conduisant au diplôme de *bachelor of science with education* (licence ès sciences pour l'enseignement), peut être considéré comme caractéristique de ce mode de formation parallèle [93, 290] qu'on rencontre dans plusieurs pays d'Afrique, d'Asie et d'Océanie.

Première année : 2 cours d'enseignement général (42 heures chacun) plus 6 semaines de stage en école primaire

Deuxième année : 2 cours de base (42 heures chacun), 1 cours de méthodologie (21 heures de science et 21 heures de mathématiques) plus 6 semaines de stage en biologie

Troisième année : 2 cours de base, 1 cours de méthodologie (21 heures de sciences et 21 heures de mathématiques) plus 6 semaines de stage

Quatrième année : 1 cours de base, 1 cours de méthodologie en mathématiques, 1 cours de sciences (biologie et physique ou chimie).

Le mode de formation parallèle est aussi en vigueur dans d'autres régions. Au Maroc et dans d'autres pays francophones d'Afrique du Nord et occidentale, la formation se faisait dans les facultés des sciences, la pédagogie étant associée à l'acquisition des connaissances biologiques, mais on insistait davantage sur celles-ci. Récemment, on a renforcé le contenu pédagogique après la création des écoles normales supérieures. Celles-ci donnent la formation pédagogique au futur maître qui continue d'acquérir sa formation académique dans les universités. Le programme s'étend sur quatre ans au total pour le professeur du second cycle secondaire. Les écoles normales sont le plus souvent responsables de la formation complète, en deux ans, des professeurs du premier cycle [244].

En Belgique, la formation des professeurs de second cyle se fait suivant le mode consécutif dans les universités, tandis que les enseignants du premier cycle (douze à quinze ans) sont formés dans des instituts pédagogiques supérieurs ; ces derniers délivrent un enseignement de deux ans portant à la fois sur la biologie et sur la pédagogie générale ; celle-ci est enseignée par des psychologues spécialistes de l'enseignement tandis que la pédagogie propre à la biologie est ensei-

gnée par le biologiste et fait partie intégrante de l'enseignement de la discipline [113].

En République unie du Cameroun, on trouve une variante du mode de formation parallèle, formations pédagogique et biologique allant de pair, 75 % du temps étant consacré à la discipline. Elle se déroule dans un centre de formation pédagogique qui fait partie de l'université. Deux cycles d'études, l'un de deux ans qui prépare au professorat du premier cycle de l'enseignement secondaire, le second de trois ans qui prépare au second cycle. Un tiers seulement des enseignants qualifiés du premier cycle peuvent ensuite poursuivre leur formation pour le second cycle [256].

Ceux qui sont favorables à ce type de formation parallèle pensent que son effet est moins d'influer sur la compréhension par les étudiants de la discipline scientifique (biologie) que de leur offrir la possibilité de se faire une idée personnelle sur certains aspects de l'enseignement et de la pédagogie. D'autres arguments en faveur de ce type de formation concernent le programme des cours de formation lui-même, par exemple l'intégration plus poussée entre le domaine scientifique et le domaine pédagogique et la plus grande souplesse dans l'organisation des cours. A cet égard, un bon exemple est celui du programme du Rusden State College à Victoria, en Australie [10, 42, 69] ; on y suit un enseignement en quatre années qui conduit au diplôme supérieur d'enseignement (secondaire). Les étudiants choisissent huit sujets académiques pendant les deux premières années dans une école d'études fondamentales et dix-huit unités à l'école des études professionnelles. Ceux qui se spécialisent en biologie peuvent choisir ensuite des unités relatives à l'éducation (y compris l'éducation en environnement) pour la troisième et la quatrième année d'études. Ces diplômés peuvent enseigner la biologie, la physique dans les écoles secondaires, ils peuvent aussi donner un enseignement de science dite générale, de science intégrée ou un enseignement portant sur l'environnement.

En résumé, il est juste de dire que les types de formation "finale" et "parallèle" sont actuellement en cours de rénovation pour essayer de résoudre le problème de l'équilibre indispensable entre les exigences du contenu scientifique proprement dit et celui de la formation pédagogique. Il est très important que le contenu des programmes de biologie soit conforme aux exigences de l'enseignement, qu'il s'agisse des objectifs, du contenu et des méthodes. Ces programmes de formation visent à développer une compétence globale en matière d'enseignement comprenant plus que la simple connaissance de la discipline enseignée ou plus que la simple maîtrise d'une technique d'enseignement [78].

On peut dire que tous les systèmes d'enseignement sont en train de revoir leur formation des maîtres, que le type de formation parallèle gagne des partisans. Lewis [163] souligne, en Afrique, la recherche d'une meilleure adaptation de l'enseignement de la biologie ainsi que le souci d'une intégration entre le contenu scientifique et la pédagogie. Cette réflexion au niveau national se retrouve dans le schéma de formation parallèle proposé pour les universités et les facultés de la République fédérale d'Allemagne [104, 246]. Les universités allemandes font une place aux méthodes d'enseignement de la biologie dès la première année de formation en quatre ans des maîtres qui se destinent à l'enseignement secondaire (second cycle, niveaux 11 à 13) ; cette mesure vise à établir une liaison entre la formation en biologie et la pédagogie générale. Le temps consacré à la pédagogie durant la première année représentera le tiers du total hebdomadaire, tandis que l'étude des sciences biologiques n'aura plus que les deux tiers du temps actuel. Le rôle des sciences fondamentales comme la physique, la chimie, les mathématiques, la biocybernétique, la philosophie des sciences, sera renforcé [246]. Les universités des Pays-Bas sont également en train de revoir leur programme de formation des maîtres [232, 296, 297] en vue d'établir un meilleur rapport entre l'étude scientifique du domaine enseigné et une préparation pédagogique approfondie et étendue.

Les modes de formation pour l'enseignement primaire

Dans la plupart des pays l'enseignement scientifique à l'école primaire repose sur un assez vaste programme d'histoire naturelle, de science générale ou d'études du milieu, dans lequel la biologie joue un rôle important. Les enseignants sont en général formés dans les collèges d'éducation qui ont à cet effet des programmes d'une durée d'une à quatre années et qui sont presque tous du type "parallèle". Les "certificats d'enseignement" délivrés par les collèges d'éducation du Royaume-Uni [12] et d'Australie [23] sont typiques de ce mode de formation. Dans d'autres cas, les maîtres de l'enseignement primaire sont formés dans les universités, comme aux Etats-Unis [6, 289], et les programmes de formation sont généralement du type "parallèle".

La formation des maîtres en biologie pour l'enseignement primaire présente cependant des problèmes particuliers. Dans le rapport résultant d'une enquête sur la formation des maîtres scientifiques pour l'école primaire aux Etats-Unis entreprise en 1969, Blosser et Howe [24] ont souligné que "les individus désirant enseigner dans les écoles élémentaires ne pouvaient pas être formés comme des spécialistes dans tous les domaines où ils seront appelés à enseigner, tout au moins dans la limite des quatre années de cette formation". Une façon de résoudre en partie le problème serait de choisir soigneusement les thèmes biologiques à inclure dans un tel programme de façon à ne pas perdre du temps à s'intéresser à des questions non adaptées. Cette suggestion se retrouve dans une étude réalisée en 1973 par Frosch [89] sur les cours de l'Université d'Oklahoma ; il montre que les enseignants du primaire et le corps enseignant universitaire n'avaient pas du tout la même opinion sur la nature des concepts biologiques importants à inclure dans le programme de formation ; selon Frosch toujours, une bonne partie de la formation du maître de l'enseignement primaire dans le domaine des méthodes pédagogiques devrait peut-être être reportée à la phase de la formation continue.

Dans beaucoup de pays en développement la formation des maîtres de l'enseignement primaire doit être plus courte à cause des problèmes de coût et de moyens. La scolarisation dans le secondaire fait partie de cette formation. Dans plusieurs de ces pays, l'expérience de l'enseignement primaire peut permettre à certains enseignants de suivre des programmes de formation ou de recyclage et, en cas de succès, d'enseigner à d'autres niveaux du système scolaire. Un programme assez caractéristique est celui offert par le Ministère de l'éducation en Afghanistan [174] :

1. Après le niveau scolaire XII, les étudiants sont formés pendant un an dans un Institut de formation des maîtres (niveau XIII).
2. Après avoir enseigné durant deux ans dans les écoles primaires, certains des maîtres auront la possibilité de suivre un cours d'un an à l'institut (niveau XIV) et, ainsi, pourront enseigner dans la fin du cycle primaire.
3. Les maîtres qui ont enseigné pendant au moins deux ans dans le dernier cycle des écoles primaires sont admis à suivre une autre année de l'Institut de formation (niveau XV) et pourront enseigner ensuite dans l'enseignement secondaire.

Dans les pays comme l'Inde où il y a des problèmes d'effectifs considérables au niveau des écoles primaires, on a dû trouver des solutions encore plus draconiennes [267]. Le certificat d'enseignement fondamental (BTC) s'obtient en Inde après seulement un an, ce qui permet d'enseigner dans les cinq premières années de l'école (I à V) ; le diplôme d'entrée exigé pour cette formation est le niveau X (école secondaire). Dans chaque district, l'école de formation en vue de ce certificat (BTC) a été transformée en école normale scientifique et ceux qui désirent y être admis doivent avoir suivi un enseignement scientifique à l'école secondaire. Dans ces écoles de formation scientifique, certains cours de science ont remplacé des cours généraux ; l'Unicef a fourni un équipement sous la forme de trousses scientifiques. Les diplômés de ces écoles normales peuvent enseigner les sciences dans les écoles primaires. Le système est en outre consolidé par un programme de recyclage.

Évolution des programmes de formation des maîtres en biologie, vers un contenu qui tienne davantage compte des besoins de l'individu, de la société et de la communauté nationale

Les établissements de formation sont en train de revoir rapidement leurs programmes en biologie afin de les rendre plus conformes aux besoins des individus, de la société et de la communauté nationale [236]. On a donné durant ces dernières années plus d'importance à des sujets tels que l'écologie humaine, l'étude des populations et la pollution. On a déjà évoqué le cas du programme du Rusden State College [10, 42, 69]. Un programme semblable existe à l'Université Governors State de l'Illinois [79]. L'Université du Colorado a un programme sur les problèmes internationaux de l'environnement [273]. Le collège de formation des maîtres de Columbia à New York organise un programme de biologie autour de l'enseignement des problèmes démographiques [126, 127].

Le Département de l'éducation du Delaware a patronné une série d'activités de recyclage en vue de susciter une prise de conscience et de responsabilité vis-à-vis de l'environnement [60]. En Australie, le Département de l'éducation du Queensland a organisé des séminaires en vue de former des maîtres capables d'utiliser les services des centres d'étude de l'environnement créés dans tout cet Etat [41]. L'Institut de l'éducation de l'île Maurice recycle des maîtres de l'enseignement primaire sur les problèmes d'environnement [9]. Lawrence [155] dans une revue des études de l'environnement au Royaume-Uni, estime qu'il faut des cours de recyclage pour aider les maîtres de tous les niveaux à devenir des généralistes plutôt que des spécialistes. Le Département de l'éducation du Saskatchewan offre des activités de recyclage pour les techniques de l'environnement et de terrain [218]. L'Université d'Abidjan (Côte-d'Ivoire), donne des cours d'écologie concernant la région [17]. Les étudiants de l'Université de Zambie sont formés pour mieux répondre aux situations locales, pour mieux utiliser les ressources à leur disposition comme les jardins scolaires, la mare proche, et pour être capables de créer des clubs d'élèves s'intéressant en particulier à l'agriculture et à d'autres activités scientifiques [243].

Une autre tendance digne d'être soulignée est celle concernant les changements intervenant dans les programmes de formation en vue de faire droit au désir des étudiants de participer à l'élaboration et à l'organisation de leurs cours. Les étudiants participent souvent à la planification des cours et à l'évaluation de l'efficacité de leurs programmes [133, 134]. Cette évolution a, dans l'ensemble, contribué à rendre ces derniers plus adaptés aux besoins des individus et des groupes.

Liaison entre les programmes de formation initiale et de recyclage en vue d'assurer une continuité dans la formation du professeur de biologie

L'Unesco dans l'ouvrage *Apprendre à être* [78] souligne deux points importants : il est nécessaire de rompre les distinctions entre les systèmes de formation formel et informel ; les enseignants formés aujourd'hui seront encore en exercice après l'an 2000. Ces deux points démontrent la nécessité d'une liaison étroite entre les programmes de formation initiale et de recyclage, de manière à assurer l'éducation permanente des maîtres.

Jusqu'ici dans la plupart des régions du monde, les recyclages n'ont pas été très bien organisés et jouissaient d'une réputation généralement médiocre [115]. Il s'agissait

le plus souvent de cours assez brefs souvent réalisés par des volontaires ou des institutions distinctes de celles responsables de la formation initiale. Le besoin de ce recyclage n'est pas mis en question et Paul Mohr [189] en souligne les buts:
Accroître l'efficacité de tous les enseignants, formateurs et élèves-maîtres ;
Créer des relations plus étroites entre les maîtres ;
Fournir les moyens d'une auto-évaluation ;
Modifier les différentes méthodes pédagogiques destinées à guider l'apprentissage ;
Améliorer l'utilisation des moyens d'enseignement ;
Améliorer les relations entre les élèves et les maîtres ;
Offrir l'occasion de discussion et d'échanges d'idées ;
Fournir une information en retour sur l'efficacité de l'enseignement ;
Etre l'occasion d'une progression permanente et d'une extension des compétences ;
Améliorer l'utilisation des moyens audio-visuels par les maîtres ;
Obtenir un impact maximal en touchant l'ensemble du corps enseignant d'une école ;
Faire participer les enseignants à la planification et la réalisation des programmes de recyclage ;
Créer une ambiance facilitant le progrès et le changement ;
Faire participer les maîtres et les groupes d'enseignants aux activités de recherche et d'expérimentation.

Un aspect important des objectifs assignés à ce recyclage a trait à la rénovation pédagogique. On a en effet reconnu le rôle essentiel des maîtres dans ces opérations de rénovation et le recyclage doit les aider à mieux accomplir ce rôle. Sur ce point Rubin (1964) dans son étude sur les Etats-Unis [242] arrive à la conclusion que les responsables des projets de rénovation des programmes doivent dire clairement ce qu'ils attendent de la formation des maîtres par rapport aux nouveaux programmes ; fournir les moyens réalistes qui permettront d'atteindre ces objectifs ; s'arranger pour libérer les enseignants des tâches inutiles ou inhibitrices et mettre au point les systèmes d'évaluation afin de connaître l'efficacité du changement. Ces idées sont développées dans l'ouvrage présenté par Rubin, intitulé *Improving in-service education* (Amélioration du recyclage des maîtres), publié en 1971 [241].

Tout cela montre bien qu'il est urgent d'établir une coopération étroite entre les organismes chargés de la formation initiale, ceux qui sont chargés de la rénovation des programmes et les services de recyclage ; plus ces liens seront étroits, plus on aura de chances d'obtenir une progression professionnelle continue du maître [274]. Jusqu'ici très peu de programmes ont été mis au point, qui mettent en commun toutes les ressources d'une communauté en un ensemble cohérent et systématique en vue de l'éducation permanente des enseignants de biologie, comme le préconise l'ouvrage *Apprendre à être* [78]. Pourtant les liens entre formation et recyclage se renforcent, en même temps d'ailleurs que le degré de participation de l'ensemble de la communauté, ainsi que le montrent les exemples suivants.

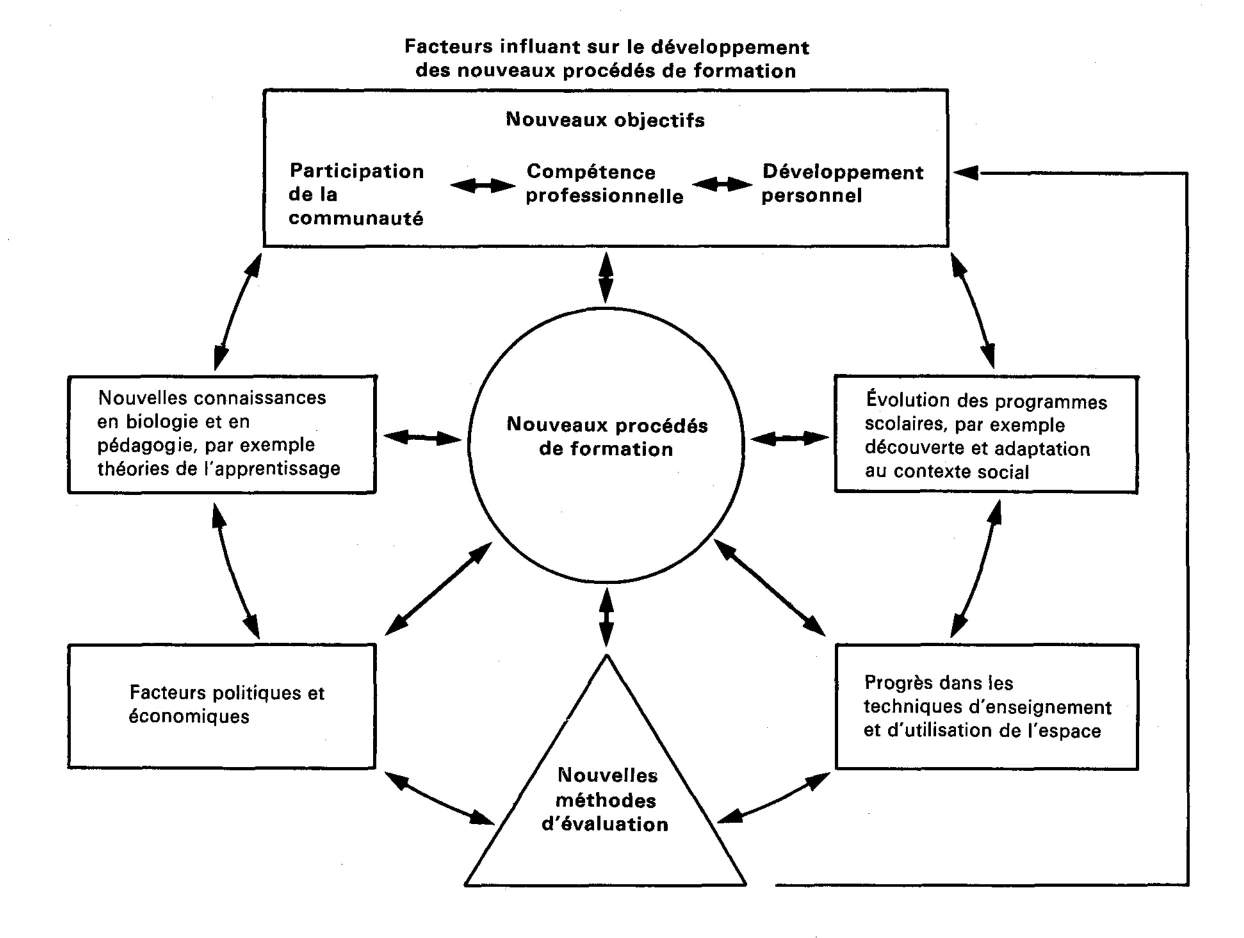
L'Université d'Etat de Californie à Fullerton fait participer des maîtres à la sélection des étudiants à former et elle décèle les élèves-maîtres potentiels en examinant les rapports de visites organisées dans des écoles choisies [280, 281]. En Suède, une partie du personnel du centre de formation des maîtres d'Uppsala enseigne dans les écoles primaires locales pour connaître les problèmes nés de la mise en place d'un nouveau programme scientifique à ce niveau. L'information qu'ils en retirent est utilisée pour améliorer le programme de formation des maîtres. En Australie, le State College Victoria à Hawthorn fait participer des maîtres en exercice à la mise au point d'équipements pour les programmes de formation, en organisant des séminaires au cours desquels les enseignants essaient les équipements expérimentaux réalisés par le corps enseignant universitaire [164]. Les universités Macquarie à Sydney [173] et Monash à Melbourne [101] ont, pendant quelques années, organisé des séminaires de recyclage pour leurs diplômés afin de les aider à mettre en application les idées reçues au cours de leur formation initiale et en vue d'obtenir en sens inverse une information sur l'efficacité de cette formation. Au Ghana, c'est la Commission de biologie du ministère qui fait le lien entre formation initiale et recyclage, conseille le corps enseignant universitaire sur les besoins des maîtres et aide l'Université à organiser ces deux sortes d'activités [211].

De nombreuses institutions ont essayé de résoudre le problème plus général du renforcement des liens entre la formation initiale et le recyclage, en formant des inspecteurs qui circuleront dans les écoles. A titre d'exemples, on peut citer les cours donnés au Digby Stuart College au Royaume-Uni [65] et au Département de l'éducation des Nouvelles-Galles du Sud en Australie [91]. En Irlande du Nord, il existe à la fois des liens officiels et des liens non officiels entre les institutions de formation initiale et les unités de recyclage comme les centres de maîtres. C'est ainsi qu'il y a une participation mixte aux commissions scolaires et d'études ainsi qu'aux comités de travail, au niveau du centre d'enseignement et des départements des sciences biologiques et de l'environnement de la nouvelle Université de l'Ulster. Il peut y avoir également des échanges d'enseignants entre les deux systèmes, la mise en commun de matériels, des consultations et la participation d'étudiants de biologie à des programmes expérimentaux [270].

L'une des tendances les plus fructueuses de la participation de la communauté à l'éducation permanente des enseignants est le programme OBIS du Lawrence Hall of Science à Berkeley, Californie [77], qui forme des animateurs pour le travail de terrain en biologie, s'adressant aux élèves, aux parents et aux maîtres et en vérité à tout citoyen intéressé.

Pour David Smith un autre moyen de renforcer les liens avec la communauté est de faire travailler les étudiants avant leur entrée à l'université [254].

Ces divers changements exigent évidemment de la part du corps enseignant universitaire responsable de la formation des maîtres un changement de mentalité, une adaptation aux techniques et aux conceptions nouvelles. Il existe actuellement des possibilités de recyclage des enseignants universitaires en Australie [180, 182], au Royaume-Uni [71, 97] et aux Etats-Unis [58, 59, 76].



Pour conclure, il semble à propos de citer l'extrait suivant du rapport de l'Unesco publié en 1972 sur *L'école et l'éducation permanente* [287, p. 177-178] :

" Il est clair que l'éducation ne peut être simplement une préparation à la vie et ne s'étendre que sur une brève période ; elle doit être un processus permanent. L'homme aujourd'hui ne cesse d'apprendre. L'éducation perd son caractère purement préparatoire et elle est devenue une façon de vivre. Elle est un élément vital de toutes les autres activités sociales spécialisées. Elle concerne des idées, des expériences et des attitudes sociales qui n'ont rien à voir avec l'enfance et la jeunesse ; et, de ce fait, elle cesse d'être séparée de la vie. "

Si une telle conception est vraie pour le citoyen ordinaire, elle l'est bien plus encore pour l'enseignant, dont la tâche est d'aider les autres à apprendre !

Évolution des modalités de formation initiale et de recyclage des enseignants de biologie

En même temps que les programmes de formation initiale et de recyclage des maîtres cherchaient à renforcer leur compétence et leurs qualités professionnelles, on a noté un changement rapide des méthodes d'enseignement traditionnelles vers un large éventail de styles et de stratégies de formation. Cette tendance mondiale est exprimée dans une déclaration de la Communauté économique pour l'Europe dont la Direction générale pour la recherche, la science et l'éducation fait état d'une préoccupation croissante pour une pédagogie moins formelle et plus créatrice chez les responsables de la formation des maîtres dans les pays membres. Cela a entraîné des programmes importants de recyclage en vue d'inculquer aux maîtres les nouveaux savoir-faire et les attitudes qu'impliquent de telles innovations [247]. La figure ci-dessous récapitule les facteurs qui influent sur les modes de formation et de recyclage des maîtres de biologie.

Les nouvelles modalités de formation et de recyclage des maîtres on été revues par Finch [85], Harris, Bessent et McIntyre [107], Johnson [31], Rubin [241], Tisher [275] et par Watkins [304]. On trouvera également des rapports sur ce thème dans la Conférence du Commonwealth sur la formation des maîtres, tenue à Nairobi en 1973 [48] et dans le rapport final de la réunion régionale d'experts sur le Programme asiatique d'innovation pédagogique pour le développement (Bangkok, 1974) [288]. Quelques tendances concernant l'utilisation de ces nouvelles modalités de formation des maîtres sont décrites ici avec des exemples de leur utilisation dans divers pays.

1. L'importance accordée dans la formation à la compréhension des objectifs passe à la rédaction des objectifs – généralement exprimés en termes de comportement (mais ce n'est pas toujours le cas).

L'importance accordée à la formulation précise des objectifs des programmes scolaires et des séquences d'apprentissage s'est retrouvée récemment dans les programmes de formation et de recyclage des maîtres [105, 235]. La plupart des cours destinés aux maîtres soulignent l'importance d'une formulation claire des objectifs et la plupart font la distinction entre les objectifs exprimés en termes de comportement et ceux qui ne le sont pas. L'emploi très répandu de moyens "audio-tutoriaux" [185, 223] et plus récemment celui de modules et de minicours [180, 224] a encore souligné le rôle capital des objectifs.

Plus récemment, on a mis l'accent sur la nécessité de former les élèves-maîtres à rédiger les objectifs de leurs propres cours, de leurs leçons et de leurs séances de travail. En République-Unie de Tanzanie, par exemple, des séminaires sont organisés à l'Institut d'éducation de Dar es Salaam pour que les maîtres apprennent à rédiger des objectifs de comportement relatifs aux nouveaux curriculums de biologie [184, 187]. A l'Université de Manchester (Royaume-Uni), il s'agit pour les élèves-maîtres de rédiger les objectifs particuliers des leçons et on leur donne des listes d'objectifs pour leur permettre d'évaluer eux-mêmes l'efficacité de leur enseignement [53, 54]. Aux Etats-Unis, le programme de formation à l'Université d'Etat de l'Ohio comprend 5 semestres, correspondant chacun à un niveau déterminé du système scolaire. Chacun de ces semestres est défini par une liste de savoir-faire que doivent acquérir les élèves-maîtres [215].

2. Diversification des formes classiques d'enseignement pour arriver à une meilleure utilisation du temps et une meilleure exploitation des techniques (films, enregistrements, *micro-teaching*, vidéo, etc.).

Les revues récentes de Stanton [257], Stones et Morris [260] et Tibble [274] ont mis en lumière l'évolution suivante : le temps consacré dans les écoles à l'acquisition de savoir-faire augmente régulièrement ; on attache plus d'importance à la mise en place et au recyclage des inspecteurs ou de responsables à l'intérieur de l'école.

On essaie d'alléger la charge créée dans les écoles expérimentales, en répartissant les élèves-maîtres dans un nombre plus élevé d'écoles pilotes et en cherchant des solutions complémentaires à cette formation à l'intérieur de l'école, par exemple en utilisant des simulations (programmes vidéo) et des séances de "micro-enseignement" (*micro-teaching*).

Ces programmes vidéo consistent à enregistrer sur une bande vidéo de bons exemples de l'utilisation de savoir-faire pédagogiques particuliers et de permettre ensuite leur emploi par les élèves-maîtres. Ces bandes "modèles" sont préparées par des enseignants chevronnés. Le micro-enseignement emploie une technique semblable, mais ici c'est l'élève-maître lui-même qui est le sujet. Les élèves-maîtres abordent des problèmes particuliers ayant trait à la conduite de la classe ou à l'application de savoir-faire pédagogiques, soit dans des classes vraies, soit dans des situations de simulation où leurs condisciples tiennent le rôle des élèves ; ces séances sont enregistrées et l'on peut ensuite les faire repasser aux élèves-maîtres et les discuter. Ce micro-enseignement est assez largement employé pour renforcer les savoir-faire développés au cours de la pratique pédagogique et pour remplacer une partie de l'expérience sur le tas. Deux ouvrages récents par Turney *et al.* insistent sur ces tendances [282, 283]. Au Kenya, le micro-enseignement est utilisé à l'Université de Nairobi dans la formation des maîtres et il s'est révélé efficace pour le développement des savoir-faire pédagogiques. Il a été introduit pour remplacer le premier stage pédagogique qui a lieu à la fin de la première année de préparation de la licence d'enseignement (B.Ed.) [112].

L'efficacité de ce micro-enseignement dans le recyclage des maîtres a été démontrée par Perlberg *et al.* qui ont montré qu'il pouvait modifier le comportement de l'élève-maître : celui-ci arrive à passer d'une situation centrée sur le maître, dans laquelle des connaissances sont transmises verbalement à l'élève, à un système centré sur l'élève conduisant à une réflexion analytique et une activité non verbale [217].

L'augmentation du temps passé dans les écoles est bien illustrée par le système de formation français, où 27 semaines d'expérience scolaire sont nécessaires durant l'année de formation [121]. Au Canada, l'Université de London (Ontario occidental) prévoit quatre mois successifs de stages pratiques dans les écoles suivis de quatre mois de formation en faculté, avec un stage de trois ou quatre jours dans un centre biologique de terrain [214]. Dans certains cas les élèves-maîtres doivent travailler à différents niveaux de l'enseignement scolaire ; par exemple, le stage pratique qui fait partie du diplôme d'enseignement délivré par la Queen's University de Belfast comprend deux semaines dans une école primaire et dix dans une école secondaire [83]. Aux Etats-Unis, dans toute la Californie, on utilise surtout les moyens de formation extérieurs aux campus et la plus grande partie de la préparation des maîtres a lieu dans des écoles locales, où les élèves-maîtres font la plus grande partie de leur enseignement [280, 281].

Comment superviser l'enseignement pratique ? Cela pose des problèmes. Dans les institutions de formation importantes, il n'est pas toujours possible pour le corps enseignant de faire toutes les inspections des écoles où les élèves-maîtres accomplissent leur stage pratique. On désigne alors souvent des conseillers pédagogiques qui supervisent le travail des élèves-maîtres dans ces écoles ; dans la plupart des écoles californiennes, par exemple, ces conseillers sont employés à temps partiel par l'institution de formation [280, 281]. Ailleurs, comme à l'Université Flinders en Australie du Sud, on a nommé dans les écoles de formation des adjoints aux principaux responsables de l'organisation des stages pratiques ; cette mesure a eu pour effet d'accroître l'expérience pratique des étudiants. Comme ces adjoints ne sont pas nécessairement des biologistes, le rôle du professeur qui reçoit l'élève-maître est très important [167]. En Malaisie, l'Université Sains a mis au point une

sorte d'internat durant lequel des maîtres choisis servent de conseillers aux étudiants en stage. Les directeurs d'école et les tuteurs participent à des séminaires, avec le corps enseignant universitaire, sur divers aspects de l'enseignement des sciences et des curriculums [93, 290].

Lorsque c'est le personnel ordinaire des écoles qui a la responsabilité des élèves-maîtres, il faut le recycler convenablement. En Australie, le Programme de formation des maîtres de l'Université Macquarie comprend des activités de recyclage pour de tels enseignants, avec emploi de films, d'enregistrements vidéo et des méthodes de micro-enseignement, afin de les familiariser avec les technologies employées dans la formation des étudiants qu'ils auront à superviser [173].

L'emploi des méthodes de micro-enseignement se retrouve dans les programmes de recyclage. Deux exemples empruntés aux Etats-Unis montrent que ces techniques peuvent servir de base à l'ensemble du système de recyclage. Le premier concerne l'amélioration de la qualité du corps enseignant d'un établissement de formation ; à l'Université de Californie à Berkeley, ce programme a trois éléments : chaque participant est enregistré sur vidéo pendant qu'il enseigne ; il analyse ensuite la bande vidéo avec le responsable du cours à partir d'un ensemble de critères proposés ; des séminaires hebdomadaires sont organisés pour les personnes d'une même discipline (biologie) en vue de discuter les problèmes d'enseignement et de visionner les bandes vidéo les plus représentatives [194, 198]. Le second exemple a trait à l'élévation du niveau de l'enseignement dans l'école : le micro-enseignement et l'enregistrement vidéo de séquences pédagogiques sont très utilisés dans les écoles secondaires de l'Illinois afin d'améliorer la qualité de l'enseignement scientifique à partir du développement des savoir-faire. Des moyens d'auto-évaluation servent à évaluer l'efficacité du recyclage [318].

On pourrait penser que le micro-enseignement, que ce soit au niveau de la formation initiale ou dans un programme de recyclage, est une technique coûteuse faisant intervenir une grande quantité d'équipement électronique complexe, mais cela n'est pas nécessairement le cas. Si les enregistrements sur magnétophone ou sur vidéoscope des événements pédagogiques sont utiles, ils ne sont pas pour autant essentiels : au Malawi, par exemple, on a utilisé avec succès ces méthodes de micro-enseignement sans faire appel au matériel audio-visuel ; les étudiants du Soche Hill College de l'Université du Malawi présentent une leçon de 10 ou 15 minutes à leurs conseillers ou à leurs camarades (ceux-ci se séparent en deux groupes, un groupe d'observateurs et une classe de simulation ; puis les observateurs et le conseiller pédagogique font la critique de la leçon [154]. Même si cette méthode ne permet pas d'enregistrer tous les événements de l'activité pédagogique, elle a néanmoins le mérite de se centrer sur l'amélioration de savoir-faire donnés.

3. Pour tenir compte des différences entre les étudiants, on essaie de varier les techniques d'enseignement en fonction des individus et des groupes, en adaptant les matériels et les modalités aux besoins des individus, par exemple, système " audio-tutoriel ", enseignement programmé et ensemble de matériel de formation à usages multiples.

Depuis plusieurs années, on constate que les programmes de formation des maîtres prennent davantage en considération les différences individuelles relatives aux connaissances acquises et à la vitesse d'apprentissage, en donnant aux étudiants la possibilité d'avancer à leur propre rythme. A cet effet, l'une des premières techniques employées a été l'enseignement programmé. On s'est récemment rendu compte que celle-ci répondait aux différences dans la vitesse d'apprentissage, mais qu'elle ne tenait pas compte des préférences à l'égard du style d'apprentissage, ni du matériel d'enseignement.

On a alors assité à un accroissement rapide de l'emploi des méthodes dites " audio-tutorielles " et, plus récemment, à celui de moyens à usages multiples moins structuré. C'est au début des années soixante que les méthodes " audio-tutoriel " qui commença à l'Ecole de botanique de l'Université Purdue, par Postlethwait : le contenu d'un cours y est scindé en unités ou modules. Les étudiants travaillent à leur propre rythme en se servant de plusieurs moyens d'enseignement (échantillons, films, enregistrements vidéo, photographies, équipement scientifique, etc.) dont la coordination est assurée par des enregistrements sur bandes magnétiques [221, 222, 223, 224]. Ce système " audio-tutoriel " qui commença à l'école de botanique de l'Université Purdue est largement utilisé au Département d'éducation de cette même université pour la formation des maîtres en biologie [140]. Ce système témoigne de la nécessité pour les étudiants de travailler à leur propre rythme et avec un large éventail de moyens. Plus récemment, on a modifié la structure " fermée " du système en donnant aux étudiants des ensembles de matériels utilisables et conçus de telle sorte qu'ils puissent choisir les moyens les plus appropriés à leurs besoins au cours de leur apprentissage [8, 180, 298].

D'autres systèmes qui tiennent compte largement du rythme propre des étudiants sont de plus en plus utilisés dans les programmes de formation des maîtres : ainsi la méthode contractuelle rend l'étudiant responsable de son apprentissage en lui permettant de progresser à son propre rythme pour atteindre des objectifs arrêtés d'un commun accord : l'étudiant s'engage à réaliser ces objectifs ; le plan Keller est aussi une méthode reposant sur le rythme individuel, faisant intervenir des moniteurs (il s'agissait au début d'étudiants de licence) pour aider les intéressés dans les tests et les guider pour accroître le contact personnel au niveau de l'apprentissage. Novak [210] a publié une mise au point sur les recherches relatives à quelques méthodes personnalisées d'enseignement des sciences, et Bowman [27] a fait l'étude de quelques cas.

Ces méthodes de formation personnalisée existent dans beaucoup de pays. Aux Philippines, les étudiants du centre pédagogique De La Salle à Manille font une série d'exercices de laboratoire tout à fait libres et ils les réalisent seuls ; les étudiants apprécient cette méthode, car elle permet à la créativité de se manifester et elle montre la maturité des utilisateurs [3]. Au Canada, à l'Université de

Toronto, on a incorporé dans le programme de formation un système contractuel modifié ; il s'agit toujours d'un système reposant sur le rythme propre des étudiants, qui tient compte des différences entre des connaissances acquises par les étudiants et de leurs divers intérêts [152, 153]. Aux Etats-Unis, la première année du programme de biologie à l'Université d'Etat de New York, à Stony Brook, utilise le plan Keller [261].

Certaines institutions ont associé plusieurs méthodes d'enseignement personnalisé dans leur programme de formation. Le Département de biologie du Western Australian Institute of Technology utilise, pour les étudiants de première année, les techniques "audio-tutorielles" et en même temps un plan Keller, les étudiants de troisième année jouent le rôle de conseillers ou de moniteurs pour un petit groupe d'élèves et ils définissent quel niveau de maîtrise est atteint pour chaque module de travail; ils déterminent enfin le moment où chaque étudiant peut passer à l'unité suivante [43].

Ces méthodes sont également utiles dans les programmes de recyclage. Aux Etats-Unis, le projet d'amélioration de la formation des maîtres (TIP) de l'Oakland Community College recycle les enseignants dans le district d'East Lansing de l'Etat du Michigan grâce à un système d'enseignement personnalisé pour chaque élève. Il existe pour chaque participant une "carte des connaissances"; il s'agit aussi de répondre aux besoins de chaque participant avec les moyens et les ressources disponibles [172, 245].

Il est intéressant de signaler que les institutions de formation des maîtres ont depuis peu tendance à mettre en commun leurs matériels destinés aux programmes d'apprentissage personnalisé. Ainsi, l'Université d'Etat du Colorado a assuré la production d'ensemble de formation à media multiples pour les stagiaires en biologie dans 13 Community Colleges de l'Etat du Colorado ; la plupart de ces ensembles comprennent des bandes vidéo en couleur portant chacune sur un concept unique [44, 135, 136].

4. L'excursion ou le travail sur le terrain devient un programme de formation permettant l'analyse du milieu et de la communauté.

Les programmes de formation et de recyclage des maîtres ont souvent insisté sur la nécessité d'améliorer les aptitudes au travail sur le terrain [17, 34, 35, 41, 132, 187, 188, 196, 218]. Récemment, cette façon de voir s'est encore élargie et l'on inclut souvent dans la formation des maîtres des questions plus vastes relatives à l'étude de l'environnement et de la communauté [60, 77, 79, 125, 126, 127, 145, 229, 268, 313].

Il existe plusieurs exemples d'une telle tendance. Les Field Study Centres du Royaume-Uni, des Etats-Unis, de l'Australie et du Canada sont bien connus et ils offrent tous des stages pour enseignants. Au Japon, les maîtres qui fréquentent les Science Education Centres sont formés aux techniques de travail sur le terrain et d'étude mésologique [196]. A Maurice, on consacre dans trois centres [9] deux heures par semaine, pendant vingt semaines, à la formation des maîtres des écoles primaires aux techniques des études du milieu pour ce niveau scolaire. L'Institut d'éducation de Singapour fabrique du matériel pédagogique pour ce thème d'étude et assure aux stagiaires une formation spéciale dans ce domaine [313]. Les départements d'éducation de Sri Lanka contribuent à l'organisation de projets communautaires, à la coordination des programmes scolaires et à la formation des étudiants aux grands principes de la participation communautaire [48, p. 297].

En Australie, deux tendances suggèrent peut-être la manière de maintenir des programmes systématiques de formation et d'éducation permanente en matière de travail sur le terrain. La première consiste à établir des centres de terrain au sein même des départements d'éducation. Le Newcastle College se propose d'installer un tel centre sur le campus même pour la formation et le recyclage des maîtres dans le domaine des techniques de l'éducation en environnement [170]. La seconde idée est de former les maîtres à une utilisation efficace de leurs ressources locales, c'est-à-dire de leur milieu. Le Département de l'éducation du Queensland a désigné une équipe d'experts qui visitent les écoles et aident les maîtres à faire l'inventaire des ressources mésologiques du district. Sont également organisés des séminaires pour la formation des maîtres quant aux savoir-faire exigés par le travail sur le terrain et pour mieux structurer les programmes d'enseignement en matière d'environnement [41, 229].

5. Les emplois du temps font davantage place aux cours de brève durée (minicours) et à d'autres moyens plus souples permettant une meilleure utilisation du temps.

Les méthodes de formation personnalisée ou individualisée (voir le point 3) permettent de rompre avec les emplois du temps traditionnels dans les programmes de formation et de recyclage des maîtres. Une autre technique qui a connu récemment un certain succès consiste à introduire des unités de travail faciles à placer dans l'emploi du temps : il s'agit des modules ou minicours. C'est là une conséquence de la méthode "autio-tutorielle" [223] et Postlethwait [224] en a fait un large usage à l'Université Purdue. Postlethwait et Hurst [221, 222], Meyer [180] ont défini les caractères de ces minicours : il s'agit d'unités de travail autonomes, permettant de tenir compte du rythme personnel de l'étudiant et présentant des objectifs de comportement déterminés. Ils comprennent généralement des moyens multiples et les étudiants ont un rôle actif dans l'apprentissage. Chaque module ou minicours est de courte durée. Initialement, ces modules ont été élaborés pour faire partie d'un programme d'études pour les élèves-maîtres. Dans un tel contexte, un contrôle préalable est nécessaire pour voir si les étudiants possèdent les connaissances et les savoir-faire nécessaires. Plus récemment, les minicours ont servi au développement de savoir-faire particuliers dans les programmes de recyclage, et, dans ce cas, le contrôle préalable s'avère moins indispensable [66, 180].

Les modules sont à présent largement utilisés dans les programmes de formation et de recyclage des enseignants de biologie. C'est le cas dans les universités et les écoles japonaises [197]. Le Salisbury College en Australie du Sud

forme les enseignants en offrant, outre un tronc commun, un ensemble de modules à option sur la démographie, la pollution ou les mammifères australiens [11]. Les élèves-maîtres du Département des sciences naturelles de l'Université chilienne utilisent aussi des modules en écologie régionale et en biologie marine [34, 35]. En Nouvelle-Zélande, dans les universités d'Auckland et de Christchurch, les licenciés en biologie ont également des modules dans leur emploi du temps ; ainsi les étudiants ont un choix important d'unités ayant trait au contenu, aux théories de l'enseignement et aux méthodes [216]. Au Royaume-Uni, le Science Teacher Education Project (STEP) a produit des modules sur les savoir-faire pédagogiques utilisant différents moyens audio-visuels pouvant être utilisés dans les centres de formation et dans les écoles lors des stages de formation [110, 111, 248, 264, 265]. A l'Université de l'Illinois du Sud, à Carbondale, les programmes développant la compétence sont personnalisés grâce à l'emploi de modules souples sur des thèmes comme la controverse sur l'évolution ou les méthodes statistiques pour les maîtres de biologie [316-319].

6. Le travail en petits groupes évolue vers une étude des relations entre les personnes et conduit à une formation de la sensibilité.

Dans presque tous les pays, on constate que les cours de formation initiale s'éloignent de plus en plus des conférences classiques, et la tendance actuelle est d'aller vers une formation dans l'action et une participation directe à l'enseignement. L'essentiel du travail se fait maintenant et même dans le cas de la formation classique avec des conseillers pédagogiques ; on insiste davantage sur la participation que sur la seule discussion. Tandis que les programmes de formation abandonnent progressivement les conférences classiques et les séances avec conseillers, on note une tendance en faveur du travail en petit groupe sous des formes variées, mettant l'accent sur le développement personnel et la formation de la sensibilité.

Cela se retrouve dans le programme STEP [111] et Rubin [241] en parle également. Cette formation de la personnalité des maîtres comprend une meilleure prise de conscience de leur propre caractère et les habitue à tenir compte des personnalités des autres et de la manière dont elles peuvent interférer.

Cette tendance est assez avancée en France où le Ministère de l'éducation nationale encourage les institutions de formation à introduire des cours sur le développement de la personnalité pour les enseignants scientifiques [45]. Aux Etats-Unis, il existe aussi des exemples de formation dans de tels domaines, par exemple à Minneapolis : des conseillers dans des écoles secondaires (premier cycle) choisies sont recyclés pour devenir des chefs d'équipe et des animateurs, afin d'encourager les rapports entre élèves, enseignants et parents ; ces conseillers organisent des réunions, des séminaires et des visites de classes dans les écoles [130].

Un problème voisin est celui du recyclage des enseignants étrangers afin de les rendre plus sensibles au contexte social de leurs pays d'accueil : on trouve de telles activités dans plusieurs universités d'Afrique. Aux Etats-Unis, les étudiants étrangers (y compris les élèves-maîtres en biologie) peuvent suivre des séminaires spéciaux et des programmes individuels à l'International Training Institute, à Washington, D.C., de manière à pallier les différences de mode de vie et d'éducation qui existent entre leurs pays d'origine et les Etats-Unis [251].

7. L'observation des classes évolue vers l'étude des interactions.

L'inspection des classes [260] existe depuis longtemps et elle a pu être utilisée pour évaluer l'efficacité des nouveaux curriculums [184, 187]. Plus récemment on a utilisé ces techniques d'observation pour analyser les interactions intervenant entre les personnes présentes dans la classe et on utilise les données de ces observations dans la formation et le recyclage des maîtres pour l'application des stratégies centrées sur les élèves [226, 260].

La plupart de ces études d'interaction sont fondées sur les méthodes mises au point par Flanders et elles répartissent dans des catégories définies les indices relatifs aux temps de parole du maître et de l'élève. Stone et Morris [260] et Rubin [241] donnent des comptes rendus pratiques de la méthode. Pogirski et Voss [219] proposent que les résultats des études d'interaction servent de base aux opérations de recyclage des maîtres en biologie. Un exemple concret de l'utilisation de ces études d'interaction est fourni par le Centre d'avancement de l'enseignement de l'Université Macquarie, en Australie, où on analyse les bandes vidéo de séquences d'enseignement durant les mini-cours, afin d'y mettre en évidence les modalités d'interaction entre maître et élèves ; l'information obtenue sert ensuite dans des séminaires destinés aux professeurs sur l'amélioration de l'atmosphère générale de la classe [180].

8. Les guides ou livres du maître évoluent vers des modules spéciaux de formation ou de recyclage en vue des nouveaux programmes.

Ces guides (comme les excellents livres du maître du BSCS) [99] sont courants maintenant et fournissent au maître de précieuses informations et explications supplémentaires. Récemment ces guides ont évolué vers des manuels de formation structurés. On trouve de tels livres du maître contenant des éléments de formation soit achevés, soit en cours d'élaboration pour de nouveaux programmes de biologie, en Ethiopie [305], au Kenya [269], au Malawi [176], au Nigéria [291, 308] et en Arabie saoudite [5], de même que dans le Projet pilote de l'Unesco pour l'amélioration de l'enseignement de la biologie en Afrique [187, 188]. Voyons quelques exemples de cette tendance. Tout d'abord pour l'introduction d'un nouveau curriculum scientifique dans les écoles des Nouvelles-Galles du Sud en Australie, le Département d'Etat de l'éducation a mis au point des modules autonomes avec utilisation combinée des moyens audio-visuels en vue du recyclage des maîtres. Ces modules concernent l'acquisition des savoir-faire en vue de l'organisation d'un programme d'enseignement, la mise au point d'un système d'évaluation et l'évaluation des effets dans le domaine affectif [207]. Un second exemple pris en Indo-

nésie a été spécialement conçu pour aider les maîtres à utiliser les ressources locales : il s'agit de la production par le Ministère de l'éducation de l'Irian Jaya d'un manuel permettant d'apprendre à fabriquer et à utiliser du matériel et des équipements dans le cadre d'un nouveau programme de biologie [22].

9. On assiste à la mise au point de formes plus compliquées de jeux éducatifs et d'autres simulations.

On s'accorde à reconnaître le rôle du jeu dans la formation des professeurs de biologie. Le manuel publié par Lehman en 1970 [160] propose d'utiles suggestions pour des situations de jeu en vue de la formation à la méthode de la découverte, aux méthodes de travail personnalisées, aux relations interpersonnelles et aux implications sociales de la science.

On a noté récemment un intérêt croissant à l'égard des formes plus générales de la simulation. Cruickshank et Broadbent [55] ont fait des recherches sur l'efficacité de la simulation en identifiant trente et un problèmes d'enseignement et mis au point des activités pour les étudiants qui permettent de les étudier, grâce à des enregistrements vidéo et filmés, à des jeux, à des documents écrits utilisés séparément ou en combinaison. Ils en concluent que "la simulation représente une technique d'enseignement riche en succès, capable de motiver et de faire participer les étudiants". L'emploi des simulations dans le cas des problèmes généraux d'enseignement a été également développé par le STEP au Royaume-Uni [248] et au Nigéria par l'Association des enseignants en 1975 ; ces simulations de situations problématiques dans l'enseignement, grâce à l'emploi de photographies et d'enregistrements sur bandes magnétiques, sont destinées à stimuler la critique des méthodes pédagogiques [291, 308].

Un emploi particulièrement intéressant des jeux éducatifs a été mis en œuvre au Royaume-Uni dans le cadre de l'Inter-University Biology Teaching Project. Ce dernier, entrepris en 1969, fait participer cinq universités qui ont mis au point ensemble des jeux pour la formation des maîtres en biologie ; ces jeux mettent le stagiaire dans la situation du scientifique qui doit résoudre certains problèmes scientifiques, par exemple le cas d'un écologiste qui tâche de déterminer les facteurs influant sur la répartition des algues [278].

10. Le travail en groupes débouche vers un enseignement et la formation par équipes.

L'enseignement par équipe a été très largement utilisé dans les écoles primaires et c'est seulement récemment qu'on l'a employé dans la formation et le recyclage des maîtres de biologie. Rubin [241] donne quelques exemples généraux et les équipes de conseillers en matière d'environnement du Département de l'éducation du Queensland (voir plus haut) sont directement utiles au recyclage des maîtres en biologie [41]. Fenwick et English [75] ont récemment présenté une discussion intéressante des rôles possibles des membres de ces groupes dans les programmes de formation se déroulant dans les écoles.

Les minicours de l'Université Macquarie destinés aux enseignants sont caractérisés par des méthodes d'enseignement par groupe tenant compte des progressions pédagogiques, introduisant l'utilisation de plusieurs savoir-faire de formation, de modalités souples d'apprentissage et faisant montre de souplesse dans l'emploi du temps et de l'espace. A l'Université de Guyane [149] l'enseignement par groupe existe dans les programmes de formation. Dans les écoles de Coventry au Royaume-Uni, cette technique a été utilisée dans les programmes de recyclage des maîtres : des groupes hiérarchisés conduits par des responsables de la rénovation pédagogique désignés à cette fin, s'entraînent pour mettre au point des curriculums dans les écoles et des programmes d'amélioration du personnel enseignant [57].

11. L'organisation et la disposition classiques des salles de classe et de laboratoire évoluent vers des techniques d'enseignement dans un espace ouvert.

Tandis que les écoles à espace ouvert sont maintenant bien établies dans de nombreux systèmes scolaires, peu d'institutions responsables de la formation des maîtres ont été conçues sur cette base. Dans la conception de l'espace ouvert, les murs et autres "barrières" traditionnelles sont escamotables et les différentes zones d'enseignement peuvent être associées. Cette disparition du cloisonnement a permis des innovations dans les écoles primaires et secondaires comme l'enseignement par équipe, l'intégration du curriculum et une utilisation plus grande des techniques éducatives [179]. Certains de ces aspects ont été analysés dans une étude récente par David Engleherdt [74] ; celle-ci montre que la présence d'un espace nouveau stimule l'innovation pédagogique et l'on ne doit pas ignorer ce facteur dans le recyclage des maîtres.

Plus récemment, cette conception d'un espace plus ouvert a influencé les centres de formation des maîtres. C'est le cas de l'ensemble des laboratoires scientifiques du Sturt College of Advanced Education, à Adélaïde (Australie du Sud) : on n'y trouve plus de classes, ni de laboratoires distincts pour les sciences ; un vaste espace avec des équipements et un mobilier amovibles favorise l'intégration du contenu et des méthodes concernés ; le laboratoire central est entouré de salles consacrées à des études sur le milieu, à l'optique, aux aquariums ou à la réalisation de travaux particuliers [263].

12. La réalisation des projets évolue vers une recherche authentique.

Dans les programmes de formation, la réalisation de projets et les stages font partie d'une tradition bien établie. Mais la recherche a été cependant le fait des rares individus qui avaient choisi la préparation d'un diplôme de biologie, avec une option de recherche [51]. Une tendance récente consiste à incorporer des expériences de recherche au cours de la formation des maîtres. Si ces derniers doivent comprendre les processus de la recherche et de la découverte, il est nécessaire d'incorporer un projet de recherche à leur formation.

Au Népal, les élèves-maîtres de biologie qui suivent

les cours en vue de la licence d'enseignement à l'Université Tribhuvan doivent compléter leurs études par un semestre consacré à un travail de recherche individuel ; ce dernier peut être remplacé par un semestre consacré à des recherches sur un problème de biologie intéressant leur formation [227]. Au cours de la quatrième année de B.Sc. (en vue de l'enseignement), à l'Université de Zambie, les étudiants biologistes font des recherches modestes et présentent un mémoire d'une soixantaine de pages. Le thème choisi pour ces recherches doit être en rapport avec le curriculum scolaire et il doit donner l'occasion d'une rigueur scientifique marquée ; outre la présentation du mémoire, un oral a lieu en même temps qu'une présentation de l'équipement et du matériel utilisés pour cette recherche [243].

La participation des maîtres en exercice à la recherche pédagogique, notamment à divers aspects de l'évaluation des curriculums, est devenue chose courante et elle joue un rôle évident dans le recyclage [184]. En Malaisie, par exemple, on fait de plus en plus appel aux professeurs de biologie pour la mise au point des curriculums et les responsables de ces opérations font appel à eux pour la phase d'évaluation des curriculums, soit lors de séances de recyclage, soit lorsque les maîtres retournent dans leurs écoles [250].

13. Les examens traditionnels se transforment en une évaluation de l'acquisition progressive de savoir-faire particuliers et de compétences pédagogiques plus générales.

Les examens traditionnels comprenaient le plus souvent des compositions écrites en fin d'études sur la didactique et la pédagogie et ils sont actuellement remplacés de plus en plus par un contrôle cumulé des travaux personnels et des unités de travail. On insiste davantage sur le contrôle de l'acquisition de qualités professionnelles. Ce contrôle a été cependant critiqué au cours de ces dernières années, car les critères de classement des élèves-maîtres étaient vagues et mal définis [260, p. 28 et 29]. Les travaux de Pogirski et Voss [219], de Dieter [63] ont souligné ces difficultés. Récemment Thompson [271] a repris le problème et plaide en faveur d'un énoncé plus clair des objectifs. On accepte maintenant davantage le contrôle de la réalisation d'objectifs concernant les savoir-faire s'ils sont très nettement spécifiés [193].

Dans beaucoup de programmes de formation des maîtres, on encourage les étudiants à évaluer l'enseignement qui leur est donné [156, 199] et cela concourt à éclairer le problème de la compétence professionnelle. Il faut signaler à cet égard les tentatives de la National Science Teachers Association aux Etats-Unis qui propose une liste d'autocontrôle permettant aux professeurs d'évaluer eux-mêmes la qualité de leur enseignement et constituant par là même un outil intéressant de formation des professeurs en exercice. Le contrôle des qualités professionnelles du corps enseignant universitaire est un problème important [73], qui se rattache au problème global de la formation et au recyclage à ce niveau.

14. L'importance accordée aux aspects cognitifs de l'enseignement tend à céder la place à une formation centrée sur le développement des attitudes, en insistant sur leur application à des problèmes sociaux.

Beaucoup de programmes de formation et de recyclage insistent sur la nécessité de modifier les attitudes des maîtres à l'égard de certaines questions comme l'acquisition des connaissances par la découverte, les problèmes de l'environnement, l'adaptation des personnalités, la perception du rôle de chacun, etc. [253]. On a déjà parlé de certains programmes mis au point afin de modifier les attitudes à l'égard de problèmes sociaux comme la limitation des naissances, de la pollution du milieu, etc. [126, 127]. Wilson a passé en revue les problèmes relatifs au changement d'attitude des maîtres à l'égard de l'acquisition des connaissances par la découverte et de la philosophie des sciences dans les pays africains [310]. Jungwirth et Dreyfus [138] ont considéré les aspects du même problème en Israël.

Parmi les programmes particuliers, on peut citer les cours donnés au Christchurch Teachers College, en Nouvelle-Zélande, et à l'Université du Colorado (Etats-Unis). Les premiers visent à modifier les attitudes pour amener les élèves-maîtres à accepter des rôles et des responsabilités d'animateurs ; l'un des moyens employés à cet égard est le choix par chacun de son emploi du temps et de son matériel [40]. Le cours donné à l'Université du Colorado met l'accent sur les problèmes de l'environnement au niveau international ; il permet aux étudiants de réfléchir aux problèmes du contrôle des naissances, des besoins alimentaires en diverses régions du monde, surtout dans les pays en développement [273].

15. La méthode de la découverte et la technique de résolution des problèmes prennent une perspective plus large en débouchant vers une formation qui tienne compte de la créativité et de la pensée divergente.

La méthode de la découverte et la résolution des problèmes dans la formation des maîtres ont été abordées ailleurs dans ce chapitre, mais il y a, à partir de là, une évolution de ce type d'approche vers le développement d'attitudes qui permettent d'encourager la créativité et la pensée divergente.

Dans un article récent, Lucas [168] examine les relations entre la créativité, la découverte et la recherche dans l'enseignement des sciences et Stenhouse [259] a passé en revue des recherches récentes sur la créativité scientifique. Il ne semble pas qu'on dispose de beaucoup d'exemples d'entraînement à la créativité, mais ceux qui sont signalés semblent se développer à partir de situations concernant des méthodes de type découverte [49, 50]. Stones et Morris [269] présentent le compte rendu des expériences réalisées par Amidon avec des élèves-maîtres de l'Université Temple, aux Etats-Unis, en vue de savoir dans quelle mesure des questions efficaces peuvent conduire à la pensée divergente, et Razik [235] donne un modèle commode d'enseignement sous la forme de "résolution de problèmes".

On peut citer comme exemple précis le Patterns of Enquiry Project de l'Ontario Institute for Studies in Education, au Canada ; ce projet est en fait un moyen terme entre une formation tournée vers la recherche et une formation

orientée vers la créativité [49, 50]. Finegold [86] souligne l'utilité de courts passages tirés de publications de recherche pour susciter une discussion des processus impliqués dans la recherche scientifique.

16. L'analyse de cours connus évolue vers un développement des savoir-faire relatifs à l'élaboration de nouveaux programmes.

La formation et le recyclage des maîtres de biologie ont traditionnellement fait une place à l'analyse détaillée de certains programmes d'enseignement comme le BSCS [99] ou le Nuffield [144]. Plus récemment, on a formé les enseignants aux processus de l'élaboration des curriculums [235] et ils ont davantage participé aux opérations de rénovation pédagogique. On a déjà évoqué cet aspect et il en sera de nouveau question dans le paragraphe suivant relatif aux modalités particulières du recyclage des maîtres. On doit cependant signaler ici les résultats très favorables obtenus par le Projet pilote de l'Unesco pour l'amélioration de l'enseignement de la biologie en Afrique ; ce projet a suscité la création de groupes d'étude dans la plupart des pays africains, composés surtout de professeurs en exercice, qui ont organisé des séminaires et des activités destinés à rénover et à évaluer les curriculums [187, 188, 287].

17. Au lieu d'apprendre seulement à utiliser les moyens disponibles, on passe à la manière de les produire.

L'existence de dispositifs photographiques, audio-visuels (télévision) peu coûteux, et la création de centres de matériel dans la plupart des institutions de formation et de recyclage ont favorisé une formation tournée vers la production de matériel imprimé et d'autres moyens d'enseignement. Cette tendance s'est accélérée dans la mesure où les enseignants ont participé à l'élaboration des programmes au cours de stages. L'Institut pédagogique de Singapour donne, le samedi, des conférences et un enseignement sur le terrain relatif à l'éducation en environnement ; corps enseignant et étudiants travaillent ensemble à la production de matériel destiné à illustrer ces études sur le milieu, à la fois pour la formation et le recyclage des maîtres [313]. L'Université de Leeds, au Royaume-Uni, exige de tous les élèves-maîtres en biologie de satisfaire à 3 "unités méthodologiques", qui pour la plupart concernent la réalisation de matériel ; par exemple, les étudiants fabriquent des modèles ou des tableaux, organisent un cours sur le terrain ou encore élaborent un programme linéaire sur un thème biologique [158]. Des séminaires patronnés par le Newark School District (Etats-Unis) ont formé des enseignants à l'élaboration de leurs propres minicours et ensembles "audio-tutoriels" [26]. Le Jersey City State College (Etats-Unis) exige de tout étudiant se destinant à l'enseignement des sciences à l'école primaire de réaliser une "boîte de matériel" utilisant différents moyens audio-visuels sur un sujet déterminé. Certains des éléments de cet ensemble doivent être fabriqués par les étudiants, tandis que d'autres pourront être achetés ; on trouve dans une telle boîte des documents, des projections, des bandes magnétiques, des sujets d'examen et un guide du maître [16].

La formation en vue de la fabrication d'équipement simple et de matériel scientifique est aussi importante. En Thaïlande, par exemple, des séminaires organisés au centre de formation des maîtres de Prasarnmitr ont permis de former des maîtres capables de fabriquer du matériel à partir de matériaux locaux simples et peu coûteux, comme le bambou [162].

18. La formation classique dans le domaine de la communication évolue vers une formation qui utilise complètement les techniques d'enseignement, comme la radio et la télévision.

La prise en considération du rôle des moyens de communication a entraîné des applications plus vastes des techniques d'enseignement dans la formation des maîtres [4, 285].

En appliquant l'analyse des systèmes mettant l'accent sur les objectifs de comportement, les critères d'efficacité, les modules et l'évaluation rétroactive, on a pu montrer le bien-fondé de la technologie de l'éducation et on a accru son emploi dans la formation [235]. On a plus largement employé des systèmes audio-tutoriels par exemple dans la formation sur le terrain [185] et l'on utilise des modules pour former les professeurs à la résolution des problèmes et aux techniques de découverte.

Les publications de Perlberg [285], d'Allen [4], de Lee et Lewis [157] sont intéressantes en ce qui concerne les applications de la technologie à la formation et au recyclage des enseignants.

De nombreuses institutions assurent une formation en vue de la production de moyens audio-visuels permettant d'illustrer l'enseignement : à l'Université Macquarie, en Australie [180], le Centre for Advancement of Teaching offre aux maîtres des minicours pour apprendre à faire des diapositives, à élaborer des programmes audio et vidéo ; le National Audio-visual Aids Centre de Londres a un service-conseil, livre des équipements, possède une bibliothèque spécialisée et assure un programme de formation dans le domaine de la technologie éducative pour les maîtres de tous niveaux [200, 201, 238].

Dans plusieurs pays on a utilisé efficacement les émissions radiophoniques et radiotélévisées pour la formation et le recyclage des maîtres — par exemple à l'Open University du Royaume-Uni. On peut également citer des programmes d'intérêt général pour les maîtres, des émissions pour les écoles, comme cela est le cas au Royaume-Uni [94, 108] ou encore en Inde [70, 147, 148], au Kenya [146] et à Maurice [186]. Un programme expérimental créé à l'Illinois State University a formé avec succès des maîtres et des assistants aux techniques de production d'enseignement télévisé en biologie [301]. Le Ministère de l'éducation du Koweït assure une formation continue des maîtres dans le domaine de la technologie de l'éducation, y compris l'emploi de la télévision [180]. Quinze pays des Caraïbes ont participé à un programme de formation du corps enseignant de vingt instituts pédagogiques pour l'emploi de la télévision en circuit fermé et d'autres techniques ; on y a mis l'accent sur la production de matériel et sur l'utilisation de la technologie pour résoudre des problèmes pédagogiques [36].

A la suite d'une enquête concernant plus de quarante enseignants qui avaient aux Etats-Unis été récompensés pour leur excellent enseignement, Dieter et Hounshell [64] ont noté que dans presque tous les cas il s'agissait de maîtres disposant d'un équipement suffisant et d'un large éventail de moyens audio-visuels (systèmes d'enregistrement et d'écoute, projecteurs, appareils photographiques). Les conséquences qu'il faut en tirer sont claires, tant au niveau de la fourniture des moyens qu'au niveau de la formation des maîtres : le développement complet des qualités professionnelles exige un accès au matériel audio-visuel et une formation satisfaisante pour son utilisation et sa production.

19. La formation en vue de l'organisation des moyens offerts par la classe et le laboratoire nécessite maintenant d'apprendre à utiliser les moyens des centres de matériel et de documentation de l'école et ceux du district scolaire.

La création de centres de documentation et de matériel [205], d'unités de formation spécialisées et de centres de terrain, a eu pour effet d'encourager une plus large utilisation de ces moyens par les responsables de la formation initiale et du recyclage. De nombreux exemples illustrant ce genre d'interaction sont présentés ailleurs dans ce chapitre.

20. La formation en vue du contrôle de l'enseignement évolue vers une évaluation des programmes de formation et de recyclage des maîtres.

On a déjà examiné la participation des étudiants à l'évaluation de l'enseignement [156, 199] et celle des maîtres en exercice à l'évaluation des curriculums [184, 250]. Dans ce même domaine, on peut noter le développement de techniques en vue d'évaluer l'efficacité de l'ensemble des systèmes de formation initiale et de recyclage. L'Educational Testing Service des Etats-Unis, par exemple, assure une formation relative aux techniques d'évaluation des activités de recyclage [72, 307]. Mais on a jusqu'ici souvent négligé ce domaine ; on a pourtant grand besoin de personnel capable d'évaluer l'efficacité des programmes de formation et de recyclage des maîtres et pour certains pays cela est urgent.

Évolution des modalités de recyclage des maîtres

Dans le passé, on a surtout eu tendance à donner des cours spécialement destinés aux enseignants de biologie, sous la forme de cours d'été, de cours du soir, en fin de semaine ou pendant les vacances [30, 61, 114, 115, 131, 165, 279, 293, 299, 309]. Plus récemment, les programmes de recyclage se sont diversifiés et comprennent des activités se déroulant dans les écoles, des excursions et des visites, l'utilisation des centres de documentation et de matériel, etc. Il y a toujours des cours, mais leur style a changé. Rubin [241], Johnston [131], Finch [85], Harris, Bessent et McIntyre [107], Tibble [274] et Watkins [304] ont donné des listes intéressantes des activités possibles qui peuvent permettre d'améliorer les recyclages et de chercher d'autres formes de formation continue.

Meyer a proposé une vingtaine de critères destinés à guider la mise en place de la formation continue pour les professeurs [181]. Le plus important de ces critères est de satisfaire les besoins exprimés par les professeurs. Il est important également que les professeurs participent à l'organisation et à la gestion de ces programmes de recyclage.

Les programmes de recyclage sont le plus efficaces lorsqu'ils forment un réseau complet au niveau national. Cela est particulièrement important dans les pays à population importante comme l'Inde [31, 67, 103, 128, 183], l'Indonésie [22], le Japon [28, 118, 143, 196], ou le Pakistan [124]. C'est aussi le cas dans les pays qui élaborent des programmes de biologie à partir de certains principes ou pour traduire les nouveaux objectifs nationaux, comme c'est le cas en Afrique [163, 187, 188], pour l'Ethiopie [305] ou Maurice [9], ou encore de pays comme Chypre [37], le Liban [190] ou la Papouasie-Nouvelle-Guinée [32, 239].

Les cours

Il s'agit là d'une activité de recyclage bien établie. Les cours sont d'une durée très variable : d'un jour à un an [131]. Leur contenu peut être très précis, comme celui portant sur les principes du rythme biologique [1] donné par l'Université du Minnesota, ou très général comme celui portant sur les méthodes de la découverte et la résolution des problèmes de l'Ecole danoise de l'éducation [240, 258]. Plusieurs cours sont conçus pour favoriser certains changements comme l'introduction de nouveaux programmes : à titre d'exemples, on peut citer les cours donnés par les services locaux de l'éducation de la République de Corée [177], l'Association indienne des formateurs des enseignants [31, 267], l'unité de développement des programmes du Trinity College de Dublin [225], le Ministère finlandais de l'éducation [302] et les autorités scolaires de Thaïlande [119, 120].

Certains cours de recyclage ont pour but d'élever le niveau des enseignants de biologie : c'est le cas à l'Université Stellenbosch, en Afrique du Sud [294], de plusieurs départements de l'éducation comme celui de Hawaii [109].

Des cours de recyclage ont été mis au point pour aborder les différentes approches d'un sujet particulier. C'est le cas des programmes d'enseignement en matière d'environnement donnés par l'Institut pédagogique de Maurice [9], des programmes visant à améliorer la compréhension des concepts biologiques (Ministère de l'éducation de Norvège [212] ; London Institute of Education [165, 293] ; Institute of Biology du Royaume-Uni [106] ; Département de l'éducation du Natal, Afrique du Sud [300] ; Institut de formation des maîtres en URSS [249]). Certaines institutions offrent des programmes généraux qui associent le contenu scientifique et la pédagogie (écoles d'été de la National Science Foundation aux Etats-Unis [114, 299] ; écoles d'été en Inde [309] ; Université de Cape Coast au Ghana [211] ; Ministère de l'éducation du Venezuela [18] ; l'Organisation des Etats américains organise des activités internationales tous les ans à Buenos Aires [100]). Certains

cours sont axés sur une formation particulière, par exemple l'utilisation de nouvel équipement scientifique [103] et les techniques audio-visuelles [200, 201, 238].

La motivation pour ces cours facultatifs reste un problème important. En Italie, les autorités scolaires font clairement savoir aux enseignants qu'il leur est indispensable d'être à la page quant à leurs connaissances et des cours pour volontaires dont la durée peut aller jusqu'à dix jours sont assurés à cette fin durant toute l'année scolaire [276]. Au Canada, le Département de l'éducation de la Nouvelle-Ecosse a procédé à des incitations de nature professionnelle pour faire participer les enseignants à des programmes d'innovation [84, 209]. L'emploi des minicours représente une tendance récente, car, en raison de leur brièveté et de leur souplesse d'utilisation, on trouve là une solution partielle au problème de la motivation : les obligations de la part des maîtres sont en effet réduites au minimum, bien que cette méthode encourage une participation continue [180].

Séminaires à objectifs précis

Les programmes de recyclage sont couronnés de succès s'ils font participer les enseignants à des activités, car les cours à eux seuls ne sont pas très efficaces [85, 131, 181, 304]. C'est le cas des séminaires organisés le soir, en fin de semaine ou pendant les vacances et durant lesquels les maîtres travaillent ensemble à la production de matériel, de moyens d'enseignement, de tests et d'autres matériels destinés à développer les savoir-faire.

Les séminaires organisés en Afrique par les groupes d'étude de biologie – au Kenya, au Malawi et en République-Unie de Tanzanie par exemple – pour la production de manuels, de guides pour la rénovation des programmes de biologie, de tests, etc., sont à signaler [187, 188, 287]. Dans certains cas, ces séminaires ont pour but d'apprendre aux professeurs à produire du matériel audio-visuel. Ainsi le district scolaire de Newark aux Etats-Unis a organisé des stages en vue de former des professeurs à des réalisations pour le système "audio-tutoriel" [26] et les minicours de l'Université Macquarie en Australie [180] portent sur la production de diapositives, de transparents pour rétroprojecteurs et autres programmes audio-visuels.

Conférences et congrès

Les conférences patronnées par les organismes responsables, les groupements scientifiques, les centres de formation, les associations d'enseignants et autres institutions représentent une activité particulièrement efficace de recyclage [131]. Elles permettent de réunir autour d'un thème des groupes d'enseignants, d'échanger les informations et d'organiser l'action. Elles sont efficaces aux niveaux local, national et international.

Aux Philippines, les conférences annuelles des Associations d'enseignants de biologie, organisées depuis 1966, ont passé en revue les tendances d'évolution des programmes et des méthodes d'enseignement [2]. Un autre exemple est celui des conférences patronnées par l'Association asiatique d'enseignement de la biologie dans plusieurs pays d'Asie [4]. Il existe de nombreux exemples de conférences nationales, visant à l'organisation de l'enseignement ; c'est le cas de la réunion patronnée aux Etats-Unis en 1970 par la Commission on Undergraduate Education in the Biological Sciences, en vue d'établir des programmes pour la formation initiale des maîtres de biologie [47].

Des congrès internationaux sur la formation des maîtres sont organisés par l'Unesco [284, 285, 286] et, par exemple, par le Secrétariat du Commonwealth [48] pour les pays faisant partie de cette organisation.

Echanges et affectations temporaires

Les échanges d'enseignants à l'intérieur d'un système scolaire et entre des systèmes scolaires sur les plans local, national ou international, ainsi que des affectations temporaires et des stages internes, représentent des formes de recyclage qui ont de plus en plus de succès. Ils permettent aux enseignants de se tenir informés sur d'autres programmes scolaires et d'autres méthodes pédagogiques, de se procurer de nouveaux moyens et d'acquérir d'autres attitudes. Les affectations dans des organisations autres que des écoles, comme des musées, des bibliothèques, des parcs zoologiques, des unités s'occupant de curriculums et l'industrie représentent aussi indirectement des formes de recyclage et sont aussi de plus en plus nombreuses.

En Australie, on a fait des recommandations au niveau national pour permettre aux enseignants en service de travailler pendant un certain temps dans le commerce et l'industrie [314]. L'Etat de Hawaii patronne les échanges de professeurs entre les écoles de cet Etat (d'une île à une autre, par exemple) et il organise également des échanges entre Etats, c'est-à-dire avec le continent [109] – ce qui représente un programme important pour une communauté relativement isolée.

Les programmes de stages internes et de formation pratique deviennent plus nombreux. Une conférence nationale tenue au Kenya en 1968 a suggéré que les cours de recyclage visant à élever le niveau des maîtres devaient comprendre deux trimestres au moins d'apprentissage contrôlé dans les écoles.

Visites et excursions pédagogiques

La visite organisée d'écoles et d'institutions et des visites groupées en vue d'étudier les systèmes éducatifs d'autres pays sont aussi d'utiles moyens de recyclage des maîtres. Ils donnent en effet la possibilité d'accéder rapidement à un éventail d'autres solutions et de moyens et ils stimulent efficacement l'esprit d'innovation [181].

Le système scolaire du comté de Jefferson au Kentucky a, par exemple, patronné une série de visites dans l'après-midi des écoles du district. Des expositions de matériel éducatif, d'échantillons biologiques et de travaux d'élèves servent à un échange organisé des informations [315]. L'Etat de Hawaii, outre son programme d'échanges déjà

signalé, encourage les voyages éducatifs; ils peuvent même compter dans la notation des enseignants et leur promotion [109].

Au Royaume-Uni, les voyages d'enseignement comparé organisés par l'Institute of Education conduisent les groupes de maîtres (avant et après leur entrée dans la vie professionnelle) dans des pays européens comme l'Autriche, le Danemark, la France, les Pays-Bas, l'Italie et l'URSS [165].

Congés d'étude et programmes individuels d'études

Le congé d'étude ou l'année sabbatique représentent un précieux moyen de recyclage. En outre, des programmes contrôlés d'étude dans les écoles ont aussi une valeur considérable.

Dans les Nouvelles-Galles du Sud, en Australie, le congé d'étude pour les maîtres qui souhaitent faire des visites à l'étranger est pris en charge pour une durée ne dépassant pas un mois ; les maîtres peuvent participer à des congrès, organiser des visites ou entreprendre des études dans des instituts particuliers [91]. L'Etat de Hawaii autorise des congés sabbatiques de plus grande durée, et les candidats doivent préciser le but de leur congé, les objectifs, les activités envisagées et proposer les moyens d'évaluer l'efficacité de leur programme [109].

Consultations

On a constaté au cours de ces dernières années que les services scolaires font de plus en plus appel à des consultants qui les conseillent sur les programmes, leur évaluation et les méthodes pédagogiques [92]. Maben a montré dans une enquête récente portant sur des écoles primaires des Etats-Unis que 50 % des écoles faisaient appel à une forme ou à une autre de consultation ou d'inspection [169]. Dans le Delaware le système scolaire emploie des fonctionnaires qui visitent les écoles et contribuent à trouver des solutions aux problèmes d'enseignement [25, 102, 166, 237].

La plupart des systèmes scolaires en Australie emploient des consultants. Dans les Nouvelles-Galles du Sud, certains sont attachés à des commissions de recyclage locales et les aident à déterminer leurs besoins [91]. En Australie du Sud, un comité d'enseignants de biologie assure des visites dans les écoles afin de contribuer aux activités de recyclage [132, 167, 255]. Le State College de Victoria à Hawthorn envoie des consultants dans les écoles en vue de donner une formation en biologie marine [164].

Les autorités scolaires du Pérou ont mis au point un système décentralisé de consultation : des consultants qualifiés sont affectés à une grande école de district et préparent avec le corps enseignant de cette école des programmes pour les autres établissements du district. Les consultants suivent aussi régulièrement des cours spéciaux de formation organisés par le Ministère de l'éducation [230, 231].

Le Bureau national de l'éducation en Suède emploie des consultants pour l'aider à organiser des programmes de recyclage, à produire des équipements pour cette formation et pour visiter les écoles en vue d'organiser des programmes d'études pour les enseignants [204].

Dans certains pays, les consultants sont le plus souvent associés à des projets de rénovation pédagogique particuliers [286] ou à des instituts de recyclage comme l'Institut pédagogique du Kenya [269]. Au Ghana, le président de la Commission de biologie du Ministère de l'éducation visite les écoles sur leur demande [211].

Production et diffusion

Les manuels de formation, les livres du maître et, plus récemment, les ensembles combinant différents moyens audio-visuels, ont été largement utilisés dans les programmes de recyclage. Certains sont destinés à être utilisés par chaque enseignant et c'est le cas des livres du maître qui vont avec les manuels et les nouveaux programmes (BSCS [99], projet d'enseignement scientifique secondaire en Afrique orientale [187, 188]). D'autres sont conçus pour des groupes et sont présentés alors par un professeur visiteur ou par l'un des membres du groupe qui joue le rôle d'animateur et est alors aidé par un manuel d'instructions. A titre d'exemples, on peut citer les modules à moyens multiples mis au point en Australie par le Comité des programmes scientifiques des Nouvelles-Galles du Sud pour le School Certificate [207]. En Australie de l'Ouest, des ensembles de matériel comprenant des bandes magnétiques, des diapositives et des ouvrages imprimés, servent à des périodes de formation durant moins de vingt minutes et visant à développer des savoir-faire particuliers. Ils peuvent être employés par les maîtres, individuellement ou en groupe, à l'école ou chez eux [14]. Le Département de l'éducation de la Papouasie-Nouvelle-Guinée a publié un manuel d'information sur les programmes de recyclage [32].

La plupart des systèmes scolaires et des associations d'enseignants scientifiques publient des journaux et autres publications qui fournissent des éléments de recyclage et beaucoup ont organisé des bibliothèques à cet effet, avec parfois un service d'envoi d'ouvrages [5, 31, 91, 132, 149, 200, 201, 215, 238, 243, 291, 308, 313].

Expositions

Les expositions de nouveaux documents et matériels scolaires, d'échantillons, d'appareillage scientifique et d'équipement audio-visuel représentent une forme de recyclage intéressante. Il peut s'agir de matériels produits par des centres de rénovation pédagogique ou par des firmes commerciales ou encore par les maîtres et les élèves. Ces expositions sont souvent organisées en relation avec les conférences, les séminaires et d'autres activités de recyclage. Elles peuvent être patronnées par l'autorité responsable, les associations d'enseignants, les centres des maîtres, les responsables de la rénovation pédagogique, les firmes commerciales, les écoles ou par des groupes indépendants d'enseignants. Des expositions fort utiles ont été organisées par des institutions en liaison étroite avec une " semaine pédagogique "

ou un jour libre consacré par exemple à un concours scientifique entre écoles ou à une "foire" scientifique.

On a récemment constaté le développement d'expositions itinérantes, comme, par exemple, celles du Département de l'éducation de Tasmanie en Australie concernant les moyens d'enseignement : des véhicules équipés et disposant du personnel spécialisé visitent les écoles et des programmes sont organisés en vue de former le corps enseignant au nouvel équipement audio-visuel [88]. Des prêts de collections d'échantillons sont également faits par des musées, des bibliothèques, des centres de formation des maîtres et d'autres institutions de recyclage.

Ces expositions offrent aux enseignants la possibilité de faire rapidement le point des progrès récents dans un domaine déterminé, elles encouragent l'expérimentation et l'innovation en matière pédagogique.

Participation à la recherche et à la rénovation pédagogique

L'un des moyens les plus efficaces de recycler les enseignants est de les faire participer à la recherche et à la rénovation pédagogique. Ils peuvent participer à la mise au point de nouveaux curriculums, à l'essai de nouvelles méthodes et de moyens nouveaux, à l'expérimentation de formes différentes de contrôle et en entreprenant certains types de recherche fondamentale en éducation. Cette participation encourage les enseignants à l'innovation, à la recherche d'autres solutions et elle permet d'améliorer leur compréhension de la biologie et de la pédagogie.

Outre les exemples déjà cités [15, 29, 33, 99, 117, 176, 184, 187, 277, 286], on peut mentionner les travaux des enseignants du Kenya pour mettre au point un nouveau programme de second cycle en biologie [269], la participation des enseignants au projet scientifique des Caraïbes [295, 311], l'élaboration actuelle d'un nouveau programme d'enseignement des sciences au Botswana, au Lesotho et au Swaziland [175] et la décharge accordée aux enseignants canadiens pour organiser un programme sur les problèmes de l'*environnement* au Manitoba [306].

La participation des enseignants à la recherche concernant la mise au point de nouveaux programmes devient plus importante, car celle-ci est de plus en plus décentralisée [30, 61, 91, 279, 304] et aussi parce que dans les pays développés comme aux Etats-Unis, on constate une diminution du recrutement des enseignants débutants ; d'où la nécessité d'introduire les nouveaux programmes au niveau du recyclage plutôt qu'au niveau de la formation des maîtres [125].

Mise en place de nouvelles institutions de recyclage

Non-scolaires

Durant la dernière décennie, on a constaté dans la plupart des pays un développement et une diversification rapides des institutions de recyclage des maîtres. Celles-ci comprennent les centres pédagogiques, les centres de terrain ou d'étude du milieu, les sections de recyclage, des musées, des jardins botaniques et zoologiques et des bibliothèques et certains établissements universitaires.

L'un des systèmes nouveaux de recyclage qui connaît le développement le plus rapide est celui des centres pédagogiques. Le Département australien de l'éducation a créé de tels centres dans tout le pays [141] et d'autres centres ont été créés dans les universités [182] et au niveau du département de l'éducation de chaque Etats [91, 229]. Les centres pédagogiques du Royaume-Uni sont parmi les plus connus et ils ont à leur actif une participation active et couronnée de succès à l'amélioration de la compétence des maîtres, grâce à la fourniture de moyens, au cours de formation, aux consultants, aux conférences et autres activités qu'ils organisent [56, 151, 293]. Dans quelques pays, des centres nationaux ont joué un rôle essentiel dans le recyclage des maîtres. Le Conseil national des recherches pédagogiques et de formation des maîtres, à New Delhi [67, 128] et le Centre d'enseignement des sciences de l'Université des Philippines [116, 266] sont aussi de bons exemples. Howe [123] a publié une revue comparée des centres pédagogiques en Australie, en Scandinavie et au Royaume-Uni.

Les centres d'enseignement des sciences du Japon présentent un intérêt particulier. Chacune des 47 préfectures a son "centre scientifique" et, en moyenne, 10 % des enseignants scientifiques des écoles de premier et second cycle participent aux séminaires de recyclage chaque année. Des cours de formation de plusieurs formes sont organisés et ils peuvent comprendre des excursions. Ils ne sont pas obligatoires et les enseignants sont déchargés de leur service pour y participer [28, 129, 196].

On tend à organiser des centres internationaux sous l'égide de l'Unesco [288] ou d'autres groupements réunissant plusieurs pays. A titre d'exemple, on peut citer le Centre régional pour l'éducation des sciences et des mathématiques ou RECSAM, en Malaisie, patronné par l'Organisation des ministres de l'éducation de l'Asie du Sud-Est. Le RECSAM entreprend la rénovation des programmes et dispose d'un programme de formation continue des enseignants de biologie de la région [220].

Les centres scientifiques locaux comme le Lawrence Hall of Science à Berkeley en Californie [77] et les unités éducatives des musées, des zoos et des jardins botaniques [91] jouent aussi un rôle important dans le recyclage en permettant une certaine expérience pratique et en proposant des cours aux maîtres. Des institutions spécialisées dans le regroupement et la diffusion de l'information comme les centres scientifiques ERIC aux universités d'Etat de l'Ohio et du Maryland, le centre de Dover dans le Delaware [252] et les centres créés par le Département de l'éducation du Kentucky [145], participent aussi dans une certaine mesure au recyclage.

Des centres de terrain et des centres d'étude du milieu assurent également des programmes de recyclage particuliers. Ceux du Royaume-Uni et des Etats-Unis sont bien connus à cet égard et plusieurs autres pays ont organisé des centres analogues consacrés entre autres au recyclage. Les services de vulgarisation agricole sont à rapprocher de

ce type d'organismes, car ils fournissent aux professeurs de biologie des informations et des conseils [139].

Goodlad [96] définit ces centres comme des "stations-service pédagogiques" qui assurent la promotion des savoir-faire particuliers que les enseignants souhaitent perfectionner.

Il existe aussi un certain nombre d'instituts ou de départements universitaires spécialisés dans le recyclage des maîtres: celui proposé par le Département de l'éducation de Papouasie-Nouvelle-Guinée est digne d'être cité, car il souhaite introduire un système d'unités de valeur pour tous les enseignants participant aux programmes de recyclage [32].

Scolaires

Le meilleur recyclage doit finalement se situer dans l'école elle-même et de tels programmes se développent rapidement. On admet généralement à présent le principe de décharge afin de suivre les activités de recyclage dans l'école et hors de celle-ci. Ce recyclage dans l'école comprend la participation d'un corps enseignant spécialisé dans les activités de recyclage [57, 75, 249], des programmes particuliers pour les professeurs débutants [37, 83, 203], des programmes pour la formation des enseignants débutants par les professeurs plus chevronnés [88]. Dans certains cas tout enseignement cesse certains jours pendant lesquels seul le recyclage fonctionne, comme en Suède [204].

L'Université de Massachusetts aux Etats-Unis a patronné des programmes de recyclage dans les écoles en faisant participer les maîtres à une équipe interne à l'école en relation avec les moyens de formation locaux ; on insiste sur les problèmes de l'environnement qui constituent le thème directeur et on tâche de tirer profit de tous les moyens de formation [268].

Formation du personnel chargé du recyclage

Ce n'est que récemment qu'on a pris conscience de la nécessité de former les animateurs de recyclage, les consultants, les inspecteurs participant à la formation continue des maîtres. Les aptitudes nécessaires pour organiser et conduire un recyclage sont subtiles et complexes et le personnel gagne à être formé.

Le Bureau national de l'éducation de Suède forme les responsables du recyclage en un cours de deux semaines suivi par des conférences régulières d'information [204]. En Australie, le Centre for Advancement of Teaching à l'Université Macquarie assure des minicours pour les enseignants, afin de leur faire acquérir les qualités d'animateur indispensables au recyclage [180] et au Royaume-Uni le Digby Stuart College donne des cours pendant les vacances d'été à ceux qui ont la responsabilité de conseiller les jeunes enseignants dans les écoles [65]. L'Université Ain Shams du Caire envoie chaque année un scientifique nouvellement diplômé à l'Université du Wisconsin durant sept mois pour le former dans l'enseignement des sciences; il s'agit ainsi d'établir un lien entre scientifiques et pédagogues de façon à faire participer les uns et les autres au recyclage [68]. En Inde, le State Institute of Science à Sasthamangalam assure des cours de formation particuliers aux enseignants de biologie qui, à leur tour, organisent un recyclage pour leurs collègues ; ces cours se tiennent à l'institut et durent de dix à trente jours pendant l'année scolaire [70]. Ces réalisations et d'autres similaires marquent le début d'un mouvement qu'il convient d'affirmer si l'on veut améliorer les programmes de formation continue. Ces programmes représentent le début d'une initiative qui devra prendre plus d'importance si les programmes d'éducation permanente doivent être revalorisés.

Recherche en matière de formation continue

Il y a grand besoin de recherche sur les formes et l'efficacité des recyclages pour les professeurs de biologie. On a déjà entrepris des recherches en matière de méthodes et de modalités des activités de recyclage [241, 304]. En Australie, des recherches sont faites pour évaluer l'efficacité de l'adaptation du programme STEP [171]; en Jordanie, Billeh [21] a comparé l'efficacité relative des programmes de formation et de recyclage et en a conclu que les méthodes de recyclage étaient plus efficaces dans ce pays. Mais on ne dispose que de peu de preuves concernant l'efficacité des systèmes généraux de recyclage, l'amélioration des qualités professionnelles et la qualité de l'apprentissage des élèves. Ce domaine recevra certainement plus d'attention au cours de la prochaine décennie.

Conclusion et recommandations

Les objectifs de l'enseignement de la biologie au niveau scolaire se sont élargis de manière à répondre aux besoins des individus de la société et de la nation. Les enseignants doivent de ce fait avoir les connaissances, les savoir-faire et la compréhension nécessaires à la fois dans le domaine de la discipline elle-même et dans celui de la pédagogie. Une telle évolution implique la nécessaire intégration de la biologie et de la pédagogie dans tout programme de formation des maîtres. On constate d'ailleurs de par le monde une tendance générale favorable à un mode de formation parallèle, où la formation pédagogique est donnée en même temps que la formation académique dans la discipline au lieu de la réserver pour la fin des études (mode successif ou consécutif) ; cela contribue à resserrer les liens entre les aspects académiques et professionnels de la formation des enseignants. Si le mode parallèle paraît gagner du terrain, on assiste aussi à une révision des programmes de type consécutif et l'on ne sait pas lequel des deux types de formation sera finalement considéré comme le plus efficace. C'est pourquoi il est recommandé de lancer des recherches pour étudier et établir l'efficacité relative de ces deux modes de formation des maîtres en biologie.

Au niveau de la formation initiale l'intégration de la biologie, de la méthodologie et de la pédagogie générale peut être réalisée de plusieurs manières. L'idéal serait peut-être d'avoir un corps enseignant spécialement formé de manière que la même personne puisse couvrir ces trois

aspects. Un compromis consisterait à mettre au point un enseignement en groupe, dont les membres seraient des biologistes et des pédagogues, avec le souci d'une coopération étroite visant à réaliser des objectifs déterminés, dans le même milieu d'apprentissage et d'enseignement. Lorsque ni l'une ni l'autre de ces solutions n'est possible, on pourrait aider à la réalisation de liens solides entre les secteurs biologique et pédagogique en faisant des examens en commun sur la base de buts définis, en partageant l'information entre les départements concernés grâce à des comités ou à d'autres organismes semblables. Quel que soit le mode de formation retenu ou le niveau auquel l'enseignant travaille, les cours donnés durant cette formation doivent comprendre à la fois des cours relatifs à la discipline et d'autres portant sur les méthodes d'enseignement.

Au niveau de l'école primaire (voir le chapitre "L'évolution du contenu biologique de l'enseignement primaire et du premier cycle secondaire), la place de la biologie dans le programme scolaire est variable d'un pays à un autre et cette diversité se manifeste au niveau des programmes de formation des maîtres. La durée totale de cette formation varie, mais c'est surtout la répartition du temps entre les aspects académiques et pédagogiques au sein du programme de formation qui change. On admet généralement qu'au niveau de l'enseignement primaire des maîtres polyvalents sont préférables à des spécialistes, mais il est souhaitable que durant leur formation d'instituteur ils aient étudié à la fois assez de biologie et la pédagogie propre de la discipline. La qualité et la quantité des sujets traités dans la discipline seront nécessairement différents d'un pays à un autre pour répondre aux besoins des enfants dans l'évolution sociale particulière à chaque nation. Bien qu'on ne mette pas en doute la contribution de la biologie à l'éducation élémentaire, sa situation demeure peu satisfaisante dans la plupart des pays. C'est pourquoi il est recommandé que l'Unesco organise une conférence afin d'examiner la nature et le rôle des sciences dans l'enseignement primaire, les moyens de faciliter les changements à ce niveau ainsi que la mise en place des programmes adéquats de formation des maîtres.

Quant à l'éducation et à la formation permanente des enseignants de biologie, on constate dans la plupart des pays un manque de coordination entre la formation proprement dite et le recyclage. On note cependant la participation accrue des formateurs aux activités de recyclage et cette tendance est vivement à encourager. Il est toutefois nécessaire de faire le point des modes de formation des maîtres dans plusieurs pays de manière à offrir à des enseignants de biologie qualifiés un ensemble cohérent et équilibré de possibilités variées de formation plus poussée dans un domaine particulier ou non de leur profession. S'il est bien clair qu'il appartient à chaque enseignant de choisir les composantes de sa formation continue, le problème demeure de savoir qui sera responsable de cette formation continue et qui aura à proposer à l'enseignant toutes les composantes. C'est là un problème particulièrement important dans les pays où il existe un grand nombre de groupes et d'institutions assurant des programmes de recyclage. Le débat reste d'ailleurs ouvert, car il est probable que les solutions varient d'un pays à un autre. On note cependant une tendance à la participation de l'ensemble de la communauté à la formation continue des enseignants. Cela suppose que cette communauté soit consciente du rôle essentiel du recyclage dans l'évolution professionnelle des maîtres. C'est pourquoi il est recommandé que les institutions nationales et internationales organisent des programmes d'éducation pour les adultes afin d'informer la communauté de ses besoins et de ses responsabilités à l'égard de l'éducation permanente, non seulement dans le cas des maîtres mais de tous les citoyens.

La manière dont les systèmes de formation peuvent s'adapter au changement affectant les besoins de la société est une question qui se rattache à la réalisation de programmes cohérents de formation continue. En particulier, comment surmonter les obstacles qui s'opposent à un changement significatif et à l'innovation ? On pourrait faciliter l'innovation en diffusant plus largement qu'actuellement l'information relative aux innovations réussies et à la manière dont elles ont été réalisées. C'est pourquoi il est recommandé que l'Unesco et l'UISB favorisent la diffusion de cette information aussi largement que possible et par les moyens adéquats. Il est en effet nécessaire de parvenir à cet égard à une meilleure communication entre tous les types d'institutions et entre les pédagogues, de même qu'entre les nations elles-mêmes. Il existe cependant, dans les systèmes à développement rapide, la possibilité de changement pour le changement, et on ne dispose pas dans le domaine de la formation des maîtres de données sur une évaluation critique et significative des programmes d'innovation. Cela est dû en partie à l'absence de méthodes valables et sûres. Il est alors recommandé de réaliser des programmes de recherches en vue de mettre au point des méthodes d'évaluation des innovations dans la formation initiale et le recyclage des maîtres en biologie.

Les problèmes sont encore plus délicats dans les situations exigeant une évaluation globale de l'efficacité d'un programme entier de formation et de recyclage d'un système scolaire donné. Dans tous les programmes de formation des maîtres, l'objectif final est de faire naître des changements favorables au niveau des élèves en améliorant la compétence des enseignants. Il est cependant difficile d'identifier et d'évaluer les multiples facteurs qui affectent le comportement des élèves. Même si les maîtres modifient leurs attitudes à la suite de leur formation, il est très difficile de démontrer qu'un changement de comportement de la part des élèves provient seulement du changement d'attitude du maître. La réponse tient peut-être à la planification, l'évaluation de la formation et du recyclage en tant que sous-système de l'ensemble du système éducatif. Jusqu'ici on n'a guère tenté de mettre au point les méthodes pour résoudre ce problème qui pourra être capital au cours de la prochaine décennie. C'est pourquoi il est recommandé à l'Unesco de patronner des recherches tendant à découvrir des modèles convenables pour l'évaluation globale de l'efficacité des programmes de formation continue des maîtres pour des systèmes scolaires déterminés.

Dans de nombreux pays un problème important sem-

ble être l'absence de programmes de formation systématiques pour les responsables de la formation. Les institutions chargées de la formation des maîtres ont été traditionnellement fréquentées par d'anciens professeurs particulièrement compétents, car on espérait les voir transmettre leurs savoir-faire pédagogiques à leurs jeunes collègues. Mais très souvent, ce corps enseignant était incapable de réaliser une transition réussie entre un enseignement à des élèves et un enseignement pour adultes. Il existe donc un besoin général de recyclage à ce niveau. C'est pourquoi il est recommandé à l'Unesco de diffuser les informations sur les avantages et sur les moyens relatifs à la réalisation de programmes d'amélioration du personnel enseignant dans les établissements de formation des maîtres.

Il reste enfin la question d'amener les maîtres à reconnaître la nécessité pour eux de participer à la formation continue. Ils peuvent avoir besoin d'une aide pour identifier leurs besoins particuliers et cela peut être du ressort de leurs employeurs ou des responsables de la rénovation pédagogique. Mais la motivation en matière d'autoformation reste un problème délicat. Il est probable qu'une manière correcte d'aborder ce problème serait de recycler l'ensemble du corps enseignant d'une école de façon dynamique et au sein des programmes scolaires. Le fait de procurer quelques avantages comme une notation favorable à la promotion administrative ne peut être considéré comme une politique adéquate, car de tels avantages donnent le sentiment qu'il s'agit de poursuivre un objectif déterminé, alors qu'il s'agit en fait d'un effort permanent. Il paraît cependant difficile de faire des recommandations particulières à cet égard, et dans chaque pays on doit rechercher les moyens les meilleurs pour encourager les maîtres à accepter le principe d'un recyclage continu.

Bibliographie

[1]* Ahlgren, A, Associate Director for Pre-College Development. Center for Educational Development, 317 Walter Library, Minneapolis, Minn. (Etats-Unis d'Amérique).

[2] Alfonso, P. J. The role played by an association of biology teachers in the general movement to improve secondary school biology in the Philippines. *Proceedings of the Second Asian Regional Conference on School Biology,* août 1968, p. 47-49.

[3]* Alfred, Brother. Biology Chairman, De La Salle College, 2401 Taft Avenue, D-406, Manila (Philippines).

[4] Allen, D. W. The use of technological means in teacher training and retraining. *Proceedings of the Fourth Asian Regional Conference in Biological Education,* août 1972, Manila, Asian Assoc. for Biology Education, 1972, p. 291-294.

[5]* Alsheikh, Hassan Abdulla Al. Minister of Education, Ministry of Education, Saudi Arabia.

[6] American Association for the Advancement of Science, Commission on Science Education. *A report of the Project on the preservice science education of elementary school teachers.* Washington, AAAS, 1970.

[7] American Association for the Advancement of Science and National Association of State Directors of Teacher Education and Certification. *Guidelines and standards for the education of secondary school teachers of science and mathematics.* Washington.

[8]* Anderson, Harol M. Chairmand University of Colorado, School of Education, Boulder, CO 80302 (Etats-Unis d'Amérique).

[9]* Atchia, M. Curriculum Officer, Mauritius Institute of Education, Rose Hill, Mauritius.

[10]* Atkinson, John M. Coordinator of Science and Environmental Studies Education, Department of Curriculum and Teaching, State College of Victoria, Rusden, Blackburn Road, Clayton 3168, Victoria (Australie).

[11]* Baldock, Robert N. Head of Department, Biology. Salisbury College of Advanced Education, Salisbury East 5109, South Australia (Australie).

[12] Barker, J.A. ; *et al.* Institute of Biology. Biological Education Committee, Sub-committee on Biology in Colleges of Education. Journal of biological education, vol. 6 n° 2 avril 1972, p. 67-70.

[13] Barnes, W. Biology and the B.Ed. degree. *Journal of biological education,* 1, mars 1967, p. 13-18.

[14]* Barton, J. H. Director General of Education, Education Department of Western Australia, Parliament Place, West Perth 6005, Western Australia (Australie).

[15] Basnayake, V., James, S. L. Time requirement for teaching a biology course. *Journal of the National Education Society of Ceylon,* 20, 1971, p. 3-21.

[16] Batoff, M. E. The unit box approach. A novel facet of elementary school science teacher preparation. *British journal of educational technology,* vol. 5, n° 2, mai 1974, p. 88-95.

[17]* Baudet, J. Faculté des sciences, Université d'Abidjan, Côte-d'Ivoire.

[18]* Benim-Giral, E. Professeur, Avda Fransisco Miranda, Edif. Centro Empr. Miranda, 5 Piso Local A Los Buicas, Caracas 107 (Venezuela); Fraino de Pannier, Rosario, professeur, Apartado 80, 390 Caracas 108 (Venezuela).

[19] Biesenherz, P. C.; Probst, C. J. Mastery of biologic techniques: A model for teacher education. *The American biology teacher,* vol. 35, n° 8, novembre 1973, p. 470-475.

[20] Biddle, B. J.; Ellena, W. J. (ed.). *Contemporary research on teacher effectiveness.* New York, Holt, Rinehart and Winston, 1964.

[21] Billeh, Victor Y. The relative effectiveness of the science programs on in-service and pre-service teacher training institutions. *Dirasat* (a research journal published by the University of Jordan), vol. 1, n° 1 et 2, décembre 1974, p. 75-86.

[22] *Bishop, D. N. Science Education Adviser, UNDP/UNESCO Project, INS72/049, P. O. Box 302, Jayapura, Irian Jaya (Indonésie).

[23]* Blake, A. J. D. Senior Lecturer, Science Education, Riverina College of Advanced Education, School of Teacher Education, P. O. Box 588, Wagga Wagga 2650, New South Wales (Australie). Voir aussi : *School of teacher education – course designs.* Riverina College of Advanced Education. Wagga Waga, mars 1974 ; *Subject outlines related to courses in school of teacher education.* Riverina College of Advanced Education, Wagga Wagga, mars 1974.

* L'astérisque placé devant le nom d'auteur indique qu'il s'agit d'une communication personnelle.

[24] Blosser, P. E.; Howe, R. W. *An analysis of research on elementary teacher education related to the teaching of science.* ERIC Doc. ED. 043484.
[25] Bolig, J. R. *Del Mod at a Glance.* Vol. III, *1973-74. Annual report.* Delaware Department of Public Instruction (Dover, Delaware), 1974.
[26]* Bonney, C. Y. Acting Director of Instruction, Newark School District, Newark, DE 19711 (Etats-Unis d'Amérique).
[27] Bowman, B. A.; *et al. T I P personalized educational programs.* East Lansing Schools, Michigan.
[28] Brandou, J. R. Science education in two countries of the Far East – A firsthand view. *Science teacher,* vol. 37. nº 7, octobre 1970, p. 26-31.
[29] Bridges, K.; *et al.* Irish science curriculum innovation project. *Irish Association for Curriculum Development Journal,* vol. 1, nº 2, 1972, p. 18-24.
[30] British Information Services. *Teacher training in Britain.* London, Central Office of Information, 1974.
[31]* Buch, M. B. Head, Faculty of Education and Psychology, Centre of Advanced Study in Education, University of Baroda, Lokmanya Tilak Road, Baroda-2 (Inde).
[32] Burka, C. M.; Rogan, K. C. The changing patterns of in-service education in Papua New Guinea. *Teacher education in new countries,* vol. 12, nº 2, novembre 1971, p. 182-190.
[33] The California State Colleges. *Proceedings of an invitational workshop on curriculum development in ecology and related environmental sciences.* ERIC Doc. ED/051764.
[34] Capurro, S. L. F. *Los modulos educacionales y la enseñanza de la ecologia y la conservacion.* Santiago, University of Chile.
[35] —. *Modulo sombra: 'El mar chilendo'.* Santiago, University of Chile, 1975.
[36] Centre for Educational Development Overseas (CEDO) and Commonwealth Secretariat. New media in curriculum development and teacher training in the Caribean. *Educational broadcasting international,* vol. 7, nº 3, septembre 1974, p. 148-151.
[37]* Charalambous, T. Inspector of Physics, Ministry of Education, Nicosia (Chypre).
[38] Chaytor, D. E. B. The training of biology teachers at Njala University College. *Teacher education in new countries,* vol. 10, nº 3, février 1970, p. 227-240.
[39] Chelsea College University of London. *New joint honours degree in science mathematics and education.* London, University of London, 1973.
[40]* Clark, Gordon, G. Senior Lecturer in Biology, Christchurch Teachers College – Secondary Division, Dovedale Avenue, Ilam, Christchurch 4 (Nouvelle-Zélande).
[41]* Clayton, Alan. Curriculum Branch, Department of Education, P. O. Box 33, North Quay, Brisbane 4001, Queensland (Australie).
[42] Clift, D. A. Department of Environmental Studies – 1975. Rusden State College, Melbourne, 1974.
[43]* Collins, B. G. Head, Department of Biology, Western Australian Institute of Technology, Hayman Road, South Bentley 6102, Western Australia (Australie).
[44] Colorado State University. *Progress report on Project Bio co-TIE NSF GY9337.* Fort Collins, Colo., 1974.
[45]* Comet, Paule. Centre régional de documentation pédagogique, allée de la Citadelle, Montpellier (France). Voir aussi: Ministère de l'éducation nationale, Inspection générale, Paris, Circulaire sur: *Le dialogue et le développement de la personnalité des élèves.* (Multigraphié).
[46] Commission on Professional Standards and Practices of the National Science Teachers Association. *Conditions for good science teaching in secondary schools.* ERIC Doc. ED/052930.
[47] Commission on Undergraduate Education in the Biological Sciences. *Berkeley Conference on preservice preparation of college biology teachers* (February 27-28, 1970). ERIC Doc. ED/040688.
[48] Commonwealth Secretariat. *Teacher education in a changing society. Commonwealth Conference on teacher education* (Nairobi, Kenya, 26 April - 11 May, 1973). London, Commonwealth Secretariat, 1974.
[49] Connelly, F. M. The patterns of enquiry project: an overview *The crucible,* vol. 4, nº 6, mars 1973, p. 5-11.
[50] Connelly, G. A semester course on evolution. *The crucible,* vol. 5, nº 6, avril 1974, p. 4-11.
[51] Cooke, D. *Research component – natural sciences.* ERIC Doc. ED/047620.
[52] Craig, S. B. (ed.). *PcCBTE handbook 1974 PcCBTE program. A resource for developing competency based teacher education programs.* Harrisburg, Pa., Pennsylvania Department of Education, 1974.
[53] Crossland, R. W. Defining objectives in lesson preparation. *Teacher education* (The College of Education, University of Toronto), Spring 1972, p. 76-87.
[54]* Crossland, R. W. Senior Lecturer in Education, Department of Education, University of Manchester, Manchester M13 9PL (Royaume-Uni).
[55] Cruickshank, D. R.; Broadbent, F. W. An investigation to determine effects of simulation training on student teaching behaviour. *The educational technology reviews. Series number four, Teacher education and educational technology.* p. 39-43. Englewood Cliffs, Educational Technology Publications, 1973.
[56] D'Aeth, R.; Brown, F. C. The professional education of science teachers for secondary schools. *The school science review,* vol. 51, nº 176, mars 1970, p. 519-527.
[57]* Davis John. Senior Biologist, Coventry College of Education, Kirby Corner Road, Coventry (Royaume-Uni).
[58] Dean D. S. *Preservice preparation of college biology teachers: a search for a better way.* Washington, D. C., Commission on Undergraduate Education in Biological Sciences, 1970.
[59]* Dean, Donald, S. Staff Biologist, CUEBS, 3900 Wisconsin Avenue, N.W., Washington, D.C. 20016 (Etats-Unis d'Amérique).
[60] Delaware Conservation Education Association. *Environmental education in Delaware.* Dower, Del., Delaware Conservation Education Association.
[61] Department of Education and Science (UK). *Programme of short courses.* London, Department of Education and Science, avril 1975, mars 1976.
[62] Department of Education and Science (UK). *Teacher education and training. Report by a Committee of inquiry appointed by the Secretary of State for Education and Science under the chairman-ship of Lord James of Rusholme.* London, Her Majesty's Stationery Office, 1972.
[63] Dieter, D.L. *Evaluation of biology teachers.* Doctoral thesis, University of North Carolina 1972. ERIC Doc. ED/074028.
[64] ——; Hounshell, P. B. The teaching environment of outstanding biology teachers. *The American biology teacher,* vol. 35, nº 3, mars 1973, p. 141-143, 150.
[65] Digby Stuart College of Education. *The role of the teacher-tutor in schools.* London, Digby Stuart College of Education, 1975.
[66] Dodge, R. A. Project BIOTECH – Modules for teaching biological skills and techniques. *BioScience,* 24, p. 310-312.
[67] Doraiswami, S. National Council of Educational Research and Training (NCERT). New Delhi (Inde), Department of Science Education. *Science education in Asia newsletter,* 2, octobre 1973, p. 3-7.
[68]* Dowidar, Amin E. Science Education Centre, Ain Shams University, Abbassia, Cairo (Egypte).
[69] Duke, G. F; Wallis, R. L. Environmental studies at Rusden State College. *Australian science teachers journal,* vol. 20, nº 2, 1974, p. 37-40.
[70]* Ebenezer, B. Deputy Director (Science), State Institute of Science, Sasthamangalam, Trivandrum-10, Kerala (Inde).
[71] Eckstein, B. Course in teaching and learning in higher education. *AUT Bulletin,* 51, juin 1973, p. 27-29.

[72] Educational Testing Service. *Programs of continuing education.* Princeton, N.J., Educational Testing Service, 1975.
[73] Elton, L. A. S. Teaching criteria for promotion. *AUT bulletin,* 39, juin 1971, p. 6-7.
[74] Englehardt, D. *Planning the teaching environment: secondary science facilities.* ERIC Doc. ED/045397, 1970.
[75] English, Fenwick. The differential staff: education's technostructure. *The educational technology reviews, Series number four, Teacher education and educational technology,* p. 18-21. Englewood Cliffs, Educational Technology Publications, 1973.
[76] ERIC Clearinghouse for Junior Colleges. *Community college teacher preparation.* Warrenton, Va., University of California, 1974.
[77]* Fairwell, Kay. Editor of Publications, Lawrence Hall of Science, University of California, Berkeley, CA 94720 (Etats-Unis d'Amérique). Voir aussi: *OBIS newsletter,* nº 1, hiver 1974; nº 2, automne 1974, nº 3, hiver 1975 et pamphlet. *OBIS Community Group Leaders Conference.* Regents of the University of California. Lawrence Hall of Science, Berkeley, 1974.
[78] Faure, E.; *et al. Apprendre à être.* Paris, Unesco, 1972.
[79]* Fenner, Peter. Acting Dean, Governors State University College of Environmental and Applied Sciences, Park Forest South, IL 60466 (Etats-Unis d'Amérique). Voir aussi: College of Environmental and Applied Sciences. *Curriculum handbook 1975.* Park Forest South, Ill., Governors State University, 1975.
[80] Fensham, P. J. The place of science in Australian education. *Search* 1, juillet 1970, p. 28-33.
[81] —— ; Fyfield, J. A. An integrative approach to science teacher education. *The Australian science teachers journal,* vol. 19, nº 2, juin 1972, p. 37-41.
[82] —— ; —— ; Batten, H. D. A new course for the professional education of science teachers. *The school science review,* vol. 52, nº 179, décembre 1970, p. 421-428.
[83] Ferguson, F. J. *Information about preservice and inservice programmes in Northern Ireland.* Department of Education.
[84]* Finbow, W. E. Editor, Education Publications, Department of Education, P.O. Box 578, Halifax, Nova Scotia B3J 259 (Canada).
[85] Finch, Arnold. *Growth in-service education programs that work. Successful school administration series.* Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1969.
[86] Finegold, M. Instructional goals and classroom reality. A limited analysis. *The crucible,* vol. 5, nº 1, septembre 1973, p. 22-35.
[87] —— ; Connelly, F. M. Patterns of enquiry in science education. *Orbit,* vol. 3, nº 1, février 1972, p. 3-7.
[88]* Fish, Graham. Supervisor of Science, Mathematics/Science Resource Centre, Tasmanian Department of Education, Hobart 7000, Tasmania (Australie).
[89] Frosch, D. A. *An investigation of the College General Biology Curriculum as an integrated part of the preservice training of elementary teachers.* Doctoral dissertation, Oklahoma State University, 1973, ERIC Doc. ED/088685.
[90] Fullerton, A. G. Science teaching in Midwestern State, Nigeria. *The science teacher,* vol. 41, nº 2, février 1974, p. 36-37.
[91]* Gaut, C. In-service training branch, Division of Services, New South Wales Department of Education, Box 33, G.P.O., Sydney 2001, New South Wales (Australie).
[92] George, D. K. *How to utilize the service of a science consultant to improve school science programs.* Washington, National Science Teachers Association, 1965.
[93]* Ghani, Z. D. Universiti Sains Malaysia, Centre for Educational Studies, Minden Pulau Pinang (Malaisie).
[94]* Gilman, E. K. Head of Educational Broadcasting Services, British Broadcasting Corporation (BBC), Broadcasting House, London W1A 1AA (Royaume-Uni).
[95] Golmon, M. E. Objectives for the science teaching methods course. *The science teacher,* vol. 42, nº 4, avril 1975, p. 21 et 22.
[96] Goodlad, J. I.; *et al. The conventional and the alternative in education.* Berkeley, McCutchan Publishing Corporation, 1975.
[97] Greenaway, H. *Training of university teachers.* London, Society for Research into Higher Education, 1971.
[98] Gresswell, B. Science for all – A new look. *The school science review,* vol. 51, nº 176, mars 1970, p. 528-533.
[99] Grobman, A. B. The first dozen years. *Biological sciences curriculum study newsletter,* 40, september 1970, p. 1-7, 20.
[100]* Guerrero, Ariel H. Avenida Santa Fe 2879 1ºB, Buenos Aires (Argentine). Ministère de l'éducation et Organisation des Etats américains.
[101]* Gunstone, R. Lecturer in science education, Monash University, Faculty of Education, Clayton 3168, Victoria (Australie).
[102] Gussett, James. *Educational ombudsman-science area.* Dover, Del., Delaware Sate Departement of Public Instruction, 1973.
[103] Hakansson, C. S. Implications of new curricula on requirements and provision for school science equipment. *Educational development international,* avril 1974, p. 82-84.
[104]* Haller, I. Der Hessische Kultusminister 62 Wiesbaden, Postfach 14, Luisenplatz 10 (République fédérale d'Allemagne). *Voir aussi:* Hessisches Institut fur Lehrerfortbildung, *Verzeichnis der Lehrgange von Januar Bis Juni 1975* Kassel (Rép. féd. d'Allemagne), Hessisches Institut fur Lehrerfortbildung, 1975.
[105] Harlen, W. Formulating objectives – Problems and approaches. *British journal of educational technology,* vol. 3, nº 3, octobre 1972, p. 223-236.
[106]* Harlow, D. W. Education Officer, Biological Education Committee of the Royal Society in Conjunction with the Institute of Biology, United Kingdom.
[107] Harris, B. M.; Bessent, W.; McIntyre, K. E. *Inservice education: a guide to better practice.* Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1969.
[108] Harris, B. R. Broadcasting and the teaching of science in secondary schools. *The school science review,* vol. 53, nº 182, septembre 1971, p. 5-13.
[109] Hawaii State Department of Education. *Selected application forms for exchanges, sabbatical leave, visitations, credit activities and educational travel.* Hawaii, Department of Education, 1975.
[110] Haysom, J.; Sutton, C. *Innovation in teacher education.* London, McGraw-Hill, 1974.
[111] —— ; ——. *Science Teacher Education Project.* Maidenhead, McGraw-Hill.
[112] Heaps, J. F. Improvements in teacher training techniques in Kenya. *Educational broadcasting international,* vol. 6, nº 2, juin 1973, p. 73-75.
[113] Heinkens, J. L. Unesco Specialist, c/- Alvan Ikoku College of Education, P.M.B. 1033, Owerri, East Central State (Nigéria). (Rapport sur la formation des enseignants de biologie en Belgique, non publié).
[114] Hendren, J.; Mertens, T. R.; Bisbet, J. J. A study of an NSF Institute. *The American biology teacher,* vol. 35, nº 9, décembre 1973, p. 510-514.
[115] Henry, N. B. (ed.). Inservice education for teachers, supervisors, and administrators. *Fifty-sixth yearbook of the National Society for the Study of Education.* Chicago, University of Chicago Press, 1957.
[116] Hernandez, D. A developing country shows how: the University of the Philippines Science Education Centre. *Australian science teachers journal,* vol. 17, nº 3, octobre 1971, p. 47-50.
[117] Hernandez, D. F. Diffusion and dissemination of new curricula and improved teaching through the Science Education Project of the Philippines. *Proceedings of Fourth Asian Regional Conference in Biological Education,* August 1972.
[118] Hidano, Tadashi. Dean, Faculty of Education, University of Tokyo, Hongo Bunkyo-Ku, Tokyo.
[119]* Hormchong, Twee. Doctor, Institute for the Promotion of

Teaching Science and Technology, P.O. Box 1425, Bangkok (Thaïlande).
[120] Hormchong, Twee. *New approaches to biology teaching in Thailand. Paper presented at the 5th biennial conference of the Asian Association for Biology Education (AABE) in collaboration with Science Teachers Association of Singapore (STAT), Singapore, 10-15 June, 1974* (Multigraphié).
[121]* Host, Victor. Institut national de la recherche et de la documentation pédagogiques (INRDP), 29, rue d'Ulm, 75005 Paris (France).
[122] Houston, W. R.; Howsam, R. B. (ed.). *Competency-based teacher education progress, problems and prospects.* Chicago, Science Research Associates, Inc., 1972.
[123] Howe, J. P. *Centres for teachers – United Kingdom – Scandinavia – Australia.* Warragul, West Gippsland and Latrobe Valley Community Education Centre, 1974.
[124] Hughes, W. J. Postgraduate teacher training in Pakistan. *Teacher education in new countries,* vol. 11, nº 1, mai 1970, p. 17-21.
[125]* Hurd, Paul, D. Professor Emeritus of Education, Stanford University, Stanford, CA 94305 (Etats-Unis d'Amérique).
[126]* Jacobson, W. J. Professor of Natural Sciences, Teachers' College, Columbia University, New York, NY 10027 (Etats-Unis d'Amérique).
[127] Jacobson, W. J. Population education. *Wards bulletin,* vol. 12, nº 86, novembre 1972, p. 1-7.
[128] Jain, S. C. *Biology teachers and their training in India,* 1975.
[129] The Japanese National Commission for Unesco. *Training of science teachers in Japan – present and future.* Tokyo, The Japanese National Commission for Unesco, 1970.
[130] Johnson, L. *Reorganised junior high program : an evaluation 1971-72.* ERIC Doc. ED/083288.
[131] Johnston, D. J. *Teachers' inservice education.* Oxford, Pergamon Press, 1971.
[132]*Jones, A. W. Director General of Education, Education Department of South Australia, G.P.O. Box 1152, Adelaide 5001, South Australia (Australie).
[133] Jones, P. L.; Blankenship, J. W. *A correlation of biology teachers' pupil control ideology and their classrooom teaching practices.* ERIC Doc. ED/037352.
[134] —; —. The relationship of pupil control ideology and innovative classrom practices. *Journal of research in science teaching,* vol. 9, nº 3, 1972, p. 281-285.
[135]*Jordan, J. P. Director of Experiment Station, Colorado State University, Fort Collins, Colo. (Etats-Unis d'Amérique).
[136] Jordan, J. P.; *et al.* Bio Co-TIE : the genesis of a cooperative curriculum improvement program. *Journal of college science teaching,* avril 1973.
[137] Joyce, B. J. *The teacher innovator: a program to prepare teachers.* Washington, FS 5 258; 58019, 1968. United States, Office of Education.
[138] Jungwirth, E.; Dreyfus, A. Biology-teachers' on-the-spot decisions (some problems in preservice teacher education). *Science education,* vol. 58, nº 2, 1974, p. 205-214.
[139] Jungwirth, E. New concepts of biology teaching in secondary schools. *Science education,* vol. 53, nº 4, octobre 1969, p. 277-282.
[140] Kahle, J. B.; Nordland, F. H. Experience with AT shared by inservice, preservice teachers. *The American biology teacher,* décembre 1972, p. 520-522, 536.
[141] Karmel, P. (Chairman). *Schools in Australia. Report of the Interim Committee for the Australian Schools Commission, may 1973.* Canberra, Australian Government Publicity Service, 1973.
[142]* Kautz, W. D. Chief, Division of Teacher Education, Bureau of Academic Programs, Commonwealth of Pennsylvania, Department of Education, Box 911, Harrisburg, PA 17126 (Etats-Unis d'Amérique).
[143] Kawakami, S. Survey of a curriculum in biology departments in Japanese universities. *University Biology Education,* vol. 4, nº 1, mars 1974, p. 11-18.
[144] Kelly, P. J. Evaluation studies of the Nuffield A-Level biology trials. 4. School characteristics and achievement. *Journal of biological education,* 6, 1972, p. 197-205.
[145] Kentucky Department of Education. *Profiles of innovative exemplary school programs in Kentucky.* Frankfort, Kentucky, Department of Education, 1973-74.
[146] Kinuanjui, P. E. Radio correspondence courses in Kenya : an evaluation. *Educational broadcasting international,* vol. 6, nº 4, décembre 1973, p. 180-187.
[147]* Kulkarni, V. G. Project Leader, Homi Hbabha Centre for Science Education, Tata Institute of Fondamental Research, Homi Bhabha Road, Bombay-400 005 (Inde).
[148] —. Science education through ETV. *Space applications centre courier,* vol. 2, nº 2, avril 1975, p. 1-6.
[149]* Kumar, B. N. Unity Villiage, East Coast, Demerara (Guyane).
[150]* Kuwait Ministry of Education, P.O. Box 7, Kuwait. Undersecretary, Ministry of Education, Kuwait.
[151]* Lancaster, G. Program Director, Department of Physics, Science and Technology Centre, University of Keele, Keele (Royaume-Uni).
[152]* Lang, H. Murray. Associate Professor Science Education Department, University of Toronto, Ontario (Canada).
[153] —. *New trends in training of biology teachers in Ontario, Canada.* (Multigraphié).
[154] Lawless, C. J. Micro-teaching without hardware developments at the University of Malawi. *Teacher education in new countries,* vol. 12, nº 1, mai 1971, p. 53-63.
[155] Lawrence, S. G. Education in a threatened planet – the part that science teaching should play. *The school science review,* vol. 53, nº 183, décembre 1971, p. 269-273.
[156] Lee, Addison E. *The pre-service preparation of secondary school biology teachers.* Austin, Tex., The Commission on Undergraduate Education in Biological Sciences, 1969.
[157] Lee, E.: Lewis, M. The uses of technological means in teacher training and retraining. *Proceedings of the Fourth Asian Regional Conference in Biological Education,* August 1972, p. 295-328. Manila, Asian Association for Biology Education, 1972.
[158] Leeds University. *Graduate certificate in education – information for biologists.* Leeds, Department of Education 1974.
[159] Leeds University Institute of Education. *The objectives of teacher education.* Slough, National Foundation for Educational Research, 1973.
[160] Lehman, D. L. *Role playing and teacher education : a manual for developing innovative teachers.* Washington, Commission on Undergraduate Education in the Biological Sciences, 1971.
[161] Lemke, Jay L. *Preliminary specifications of course competencies: education 65.04/66.04.* Brooklyn College of the City University of New York, Brooklyn, NY 11210 (Etats-Unis d'Amérique).
[162] Leonard, D. Improving science teaching in Thailand. *Educational development international,* vol. 2, nº 1, janvier 1974, p. 26-28.
[163] Lewis, L. J. Teacher education in Africa in retrospect 1958-1971. *Teacher education in new countries,* vol. 12, nº 3, février 1972, p. 217-228.
[164]* Lipson, R. Senior Lecturer in Methods of Teaching Natural Science, State College of Victoria at Hawthorn, 442 Auburn Road, Hawthorn 3122, Victoria (Australie).
[165]* Lister, R. E. University of London Institute of Education, Malet Street, London WC1E 7HS (Royaume-Uni).
[166] Logan, B. *Inservice education and the Del Mod Field Agent.* Dover, Del. Delaware State Department of Public Instruction, 1974.
[167]* Lucas, A. M. Lecturer in Education, Flinders University of South Australia, Bedford Park 5042, South Australia (Australie).

[168] Lucas, A. M. Creativity, discovery, and inquiry in science education. *The Australian journal of education*, vol. 15, nº 2, juin 1971, p. 185-196.
[169] Maben, J. W. *A survey of science teaching in the public elementary schools of two selected regions of the United States during the 1970-1971 school year.* ERIC Doc. ED/056863.
[170]* McDonald, K. ; Winney, J. Lecturers, Science Department, Newcastle College of Advanced Education, Box 84, P. O., Waratah 2298, New South Wales (Australie).
[171] Mackay, L. D. ; Northfield, J. R. The use of a formative evaluation model for ASTEP. Dans : Linke, R. D. ; West, L. H. T. (ed.). *Research in science education*, vol. 4, p. 65-75. Melbourne, Australian Science Education Research Association, 1974.
[172] McKinney, Jane (ed.). *Teacher improvement project.* East Lansing Schools, Michigan.
[173] Macquarie University Teacher Education Program. *The school experience program 1975. A guide for students and master teachers.* North Ryde, Macquarie University, 1975.
[174]* Mahmad, Painda. President, Ministry of Education, Teacher Training Department, Kabul (Afghanistan).
[175]* Makunga, G. E. T. for Chief Education Officer, Ministry of Education, Private Bag 005, Gaborone (Botswana).
[176]* Malawi Ministry of Education, Private Bag 328, Lilongwe 3 (Malawi).
[177]* Man Koo, L. Director, Education Research Institute, Choongchung Namdo Province, Tea Jeon, Chungchung Namdo (Korea).
[178] Marklund, S. *Retrospects and prospects in teacher training research.* Stockholm, Research and Development Bureau Swedish National Board of Education, 1973.
[179] Medd, David. School design. Responding to change. *Trends in education*, 31, juillet 1973, p. 26-30.
[180] Meyer, G. R. Anatomy of a minicourse. *ERA, Journal of the Educational Resources Association of N.S.W.*, vol. 1, nº 3, juin 1975, p. 15-26.
[181] *Development of a checklist of inservice activities for primary and secondary teachers in Australian schools. C.A.T. Education Monograph No. 8.* Sydney, Centre for Advancement of Teaching in Macquarie University, 1974.
[182] ——. Macquarie University establishes a centre for advancement of teaching. *Education news*, vol. 11, nº 4, août 1967, p. 3-5.
[183] ——. Project on biology teaching in India. Unesco news (Camberra City, The Australian National Advisory Committee for Unesco), vol. 20, nº 5, septembre 1969, p. 3-7.
[184] ——. Problems in the summative evaluation of experimental science curricula in developing countries. Dans : Tisher, R. P. (ed.) *The Australian Science Education Research Association*, 1971, p. 119-134.
[185] ——. The role of audio-tutorials in technical education. *The Australian technical teacher*, vol. 1, nº 1, mai 1969, p. 13-19.
[186] ——. Science by radio and television in a developing country – Mauritius, a case study. *The Australian science teachers journal*, vol. 16, nº 2, août 1970, p. 21-27.
[187] ——. Unesco Pilot Project for the improvement of biology teaching in Africa. Unesco news (Camberra City, The Australian National Advisory Committee for Unesco), vol. 25, nº 2, 1974, p. 5-8.
[188] ——. *Unesco Pilot Project on new approaches and techniques in biology teaching in Africa – A guide for Pilot Project study groups.* Paris, Unesco, 1969.
[189] Mohr, P. *Current research and development reports in inservice training and curriculum planning for teacher education.* Washington, D.C., Bureau of Educational Personnel Development, Division of Assessment and Co-ordination, 1971. ERIC Doc. ED/083148.
[190] Morris, L. V. Science education in Lebanon. *Science education*, vol. 53, nº 1-5, 1969, p. 221-224.
[191] Morrison, A. ; McIntyre, D. *Teachers and teaching*, (2e éd.). Harmondsworth, Middlesex, Penguin Education, 1973.
[192]* Mouton, H. R. for Director of Education, Department of Education of Cape of Good Hope, P.O. Box 13, Cape Town 8000 (Afrique du Sud).
[193] Mowrer, D. E. The skillshop for teacher inservice training. *Educational technology reviews*, Series Number Four, *Teacher education and educational technology*, p. 68-70. Englewood Cliffs, Educational Technology Publications, 1973.
[194] Mozer, F. S. ; Napell, S. M. Instant replay and the graduate teaching assistant. *American journal of physics*, vol. 43, nº 3, mars 1975, p. 242-244.
[195] Mwendwa, K. New directions in teacher education, report on a conference held in Kenya, May 1968. *Teacher education in new countries*, vol. 11, nº 1, mai 1970, p. 5-16.
[196]* Nakajima, Y. Tokyo Metropolitan Institute of Education, Meguro 1-1-14, Meguroku, Tokyo.
[197] Nakajima, Y. Biology modules in high school education. *University biology education*, vol. 4, nº 1, mars 1974, p. 4-10.
[198]* Napell, S. M. Coordinator Graduate Assistants Teaching Programs, University of California, Berkeley, Calif. (Etats-Unis d'Amérique).
[199] National Association for Research in Science Teaching. *A study of the effect of timed pupil feedback on the teaching behaviours of biological science teachers.* ERIC Doc. ED/062147.
[200] National Audio-Visual Aids Centre. *Courses in educational technology and audio-visual media, September 1974 - August 1975.* London, National Committee for Audio-Visual Aids in Education, 1974.
[201] National Committee for Audio-Visual Aids in Education. *The National Audio-Visual Aids Service.* London, NCAVAE.
[202] National Science Teachers Association. *Annual self inventory for science teachers in secondary schools.* Washington, NSTA, 1971.
[203] The National Swedish Board of Education. *A survey of teacher training in Sweden 1971.* Stockholm, 1971 (Multigraphié).
[204] ——. *Continued training of teachers and other school officers in Sweden.* Stockholm, 1971. (Multigraphié).
[205] Nay, Marshall, A. ; *et al.* The development of a resources information bank for teaching sciences. *School science and mathematics*, avril 1972, p. 284-292.
[206] —— ; ——. A process approach to teaching science. *Science education*, vol. 55, nº 1, 1971, p. 197-207.
[207] N.S.W. Department of Education Science Syllabus Committee (Forms I-IV). *New South Wales school certificate science inservice education project. Information booklet.* Sydney, N.S.W., Department of Education, Division of Services, 1974.
[208] Northfield, J. R. Concurrent courses in science teacher education. *The Australian science teachers journal*, vol. 18, nº 2, juin 1972, p. 29-35.
[209] Nova Scotia Department of Education. *Nova Scotia summer school calendar 43rd session.* Halifax, Department of Education, 1975.
[210] Novak, J. D. *Science research review.* Series A. *Summary of research in science education for 1972.* Columbus, The Ohio State University, ERIC Information Analysis Center for Science, Mathematics, and Environmental Education, 1973.
[211]* Nyarko, S. J. Ghana Teaching Service, Science Unit, P.O. Box M.188. Accra (Ghana).
[212]* Nyhamar, O. Royal Ministry of Church and Education, Oslo (Norvège).
[213] O'Donovan, D. Maths and science teachers. *Trends in education*, Pt. 27, July 1972, p. 23-29.
[214]* Ogletree, J. F. Assistant Professor, Department of Science, The University of Western Ontario, Faculty of Education, London 72, Ontario (Canada).
[215] The Ohio State University. *Faculty of Science and Mathematics Education Program.* Columbus, The Ohio State University, College of Education.

[216]* Percy, C. A. Curriculum Officer – Science, Department of Education, Private Bag, Government Building, Wellington (Nouvelle-Zélande).
[217] Perlberg, A. *et al.* Modifying instructional strategies of teachers in service through the use of microteaching techniques and video recordings. *Proceedings of the Fourth Asian Regional Conference in Biological Education*, August 1972, p. 329-331. Manila, Asian Association for Biology Education, 1972.
[218]* Pitsula, M. Chief of Program Development (General Education), Department of Education, Province of Saskatchewan (Canada).
[219] Pogirski, A ; Voss, B. Evaluating the biology teacher's behaviour in the classroom. *American biology teacher*, vol. 34, nº 5, mai 1972, p. 279-281.
[220]* Ponniah, W. D. Assistant Director (Information), Regional Centre for Education in Science and Mathematics (RECSAM) Seamo-Recsam, Glugor, Penang (Malaisie).
[221]* Postlethwait, S. N. Professor, Purdue University, Department of Biological Sciences, Minicourse Project, W. Lafayette, IN 47907 (Etats-Unis d'Amérique).
[222] — ; Hurst, R. N. The audio-tutorial system : incorporating minicourse and mastery. *Educational technology*, vol. 12, nº 9, septembre 1972.
[223] — ; Novak, J. Murray, H. T. Jr. *The audio-tutorial approach to learning* (2e éd.). Minneapolis, Burgess, 1969.
[224] — ; Wright, E. R. *Media, audio-tutorial system and minicourse.* Purdue University.
[225]* Powell, B. L. Registrar, School of Education and Lecturer in Charge of Biology Methods, University of Dublin, Trinity College, Dublin 2 (Irlande).
[226] Power, C. N. A review of current research in science education in Australia. *The Australian science teachers journal*, vol. 16, nº 2, août 1970, p. 51-55.
[227]* Pradhan, S. P. Dean, Institute of Science, Tribhuvan University, Kirtipur, Katmandu (Népal).
[228] Queensland Department of Education. *Proposal for inservice science teacher education project.* Research and Curriculum Branch, Department of Education, Queensland. (Multigraphié).
[229] —. *Proposal for pilot environmental inservice program in two areas of Queensland.* Research and Curriculum Branch, Department of Education, Queensland. (Multigraphié).
[230] Quiroz, C. A. *Peru : science education and development.* Communication faite lors de la 2e session à la Conférence annuelle de 1971 de l'Association for Science Education sur l'enseignement de la science outre-mer. (Multigraphié).
[231] —. *Teacher's education in Peru.* 1971 (Multigraphié).
[232] Raat, J. H. *Report on First Congress of University Teacher Education and Training.* 1974 (Multigraphié).
[233] Ramsey, Gregory. The in-service education of teachers of integrated science. *New trends in integrated science teaching: education of teachers.* Vol. III, p. 60-67. Paris, Les Presses de l'Unesco, 1974.
[234] Ramsey, G. A. Dale, L. G. The Australian science education project : its rationale. *The Australian science teachers journal*, vol. 17, nº 3, octobre 1971, p. 51-57.
[235] Razik, T. A. *Systems approach to teacher training and curriculum development : the case of developing countries.* Paris, Unesco, 1972.
[236] Reid, F. M. Social biology. *Journal of biological education*, vol. 4, nº 4, décembre 1968, p. 305-315.
[237]* Reiher, John F. State Supervisor Science and Environmental Education, Department of Public Instruction, The Townsend Building, Dover, DE 19901 (Etats-Unis d'Amérique).
[238]* Rodwell, Susie. Head of Resources Centre, The National Audio-Visual Aids Centre, 254 Belsize Road, London NW6 4BY (Royaume-Uni).
[239] Rogan, K. C. Inservice education in Papua New Guinea. *Teacher education in new countries*, vol. 11, nº 2, novembre 1970, p. 149-156.
[240]* The Royal Danish School of Educational Studies. Associate Professor, Department of Biology, Emdrupvej 101, KD-2400, Copenhagen NV (Danemark).
[241] Rubin, L. J. (ed.). *Improving in-service education ; proposals and procedures for change.* Boston, Allyn and Bacon, 1973.
[242] —. A strategy in curricular change. *Educational leadership*, 21, 1964, p. 277-279.
[243] Rugumayo, E. B. Head, Department of Education, The University of Zambia, P.O. Box 2379, Lusaka (Zambie).
[244]* Sasson, A. Professeur, Division des sciences écologiques, Unesco, 7, place de Fontenoy, 75700 Paris (France).
[245]* Saville, G. G. Instructor, Michigan State University, East Lansing, MI 48823 (Etats-Unis d'Amérique).
[246]* Schaefer, G. IPN (Institute of Science Education), University of Kiel, Olshausenstr. 40/60, D-23, Kiel (Rép. féd. d'Allemagne).
[247]* Schuster, G. Directeur général, Direction générale de la recherche de la science et de l'éducation, Commission des communautés européennes, rue de la Loi 200, B-1040 Bruxelles (Belgique).
[248] Science Teacher Education Project. *Activities and experiences – A bank of ideas for professional courses.* London, McGraw-Hill, 1974.
[249]* Serebrov, N. N. Director, K.D. Ushinsky State Scientific Pedagogical Library, Academy of Pedagogical Sciences, B. Tolmachevsky, 3, Moscow, K-17 (URSS).
[250] Cheong, Siew-Yong and Rahman, Hajira A. *Preparation of biology teachers in Malaysia.* University of Malaya, 1975 (Multigraphié).
[251]* Sinauer, E. M. Director, International Training Institute, 1346 Connecticut Avenue, N.W., Washington, D.C. 20036 (Etats-Unis d'Amérique).
[252] Sloan, E. *Science-math resource centre : what makes it go ?* Dover, Del, Department of Public Instruction, 1974.
[253] Smith, B. O. (ed.). *Research in teacher education. A symposium.* Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1971.
[254] Smith, David. Implications for teacher education. *Education news*, vol. 14, nº 7, février 1974, p. 24-27.
[255]* Smith, John H. Consultant in Biology, South Australian Department of Education, Wattle Park Teachers Centre, 424 Kensington Road, Wattle Park 5066, South Australia (Australie).
[256]* Soppo-N'Dongo, A. Directeur, Ecole normale supérieure, Université de Yaoundé, B.P. 47, Yaoundé (Cameroun).
[257] Stanton, H. E. Teaching practice and its supervision by university personnel. *Education news*, vol. 14, nº 11, octobre 1974, p. 24-27.
[258]* Steentoft, M. Associate Professor, The Royal Danish School of Educational Studies, Department of Biology, Emdrupuej 101, KD-2400 Copenhagen NV (Danemark).
[259] Stenhouse, D. Scientific creativity : 'normal' or 'revolutionary'. *The Australian journal of education*, vol. 15, nº 2, 1973, p. 171-184.
[260] Stones, E. ; Morris, S. *Teaching practice problems and perpectives.* London, Methuen, 1972.
[261] Strassenburg, A. A. ; Kahn, P. B. *Instructional innovations in physics at Stony Brook.* Stony Brook, State University of New York, 1975.
[262] Strasser, B. B. ; *et al. Teaching toward inquiry.* Washington, National Education Association of the United States, 1971.
[263] Sturt College of Advanced Education, *Handbook.* Adelaide, Stock Journal Publishers, 1975.
[264]* Sutton, C. R. Coordinator, Science Teacher Education Project, University of Leicester, 21 University Road, Leicester LE1 7RF (Royaume-Uni).
[265] Sutton, C. R. ; Haysom, J. T. The Science Teacher Education Project. *The school science review*, vol. 52, nº 178, p. 7-10.
[266] Teston, J. D. Innovations in Philippine science teaching. *The science teacher*, vol. 3, nº 7, octobre 1970, p. 32 et 33.
[267]* Tewari, D. D. President, Indian Association of Teacher Educators, 461 Mumfordganj, Allahabad, U.P. (Inde).

[268] Thelen, L. J.; Lockwood, L. Inservice training of biology teachers. Amhert, University of Massachusetts, 1975.
[269]* Theobald, D. Kenya Institute of Education, P.O. Box 30231, Nairobi (Kenya).
[270]* Thomas, Keith, Senior Lecturer in Science Education, Education Centre, The New University of Ulster, Coleraine, BT52 1 SA, Northern Ireland.
[271] Thompson, A. A. Efficiency in teacher education. *Teacher education in new countries,* vol. 12, nº 3, février 1972, p. 228-238.
[272] Thompson, H. *Some principles which may be of use in developing a rationale for a teacher education program.* Préparé pour le Development Committee of the School of Education. North Ryde, Macquarie University School of Education 1974 (Multigraphié).
[273] Thompson, Lee. International environmental problems – New course at the University of Colorado. *International educational and cultural exchange,* vol. 7, nº 1, été 1971, p. 61-66.
[274] Tibble, J. W. (ed.). *The future of teacher education.* London, Routledge and Kegan Paul, 1971.
[275] Tisher, R. P. Innovative techniques in the pre-service education of science teachers. *The Australian science teachers journal,* vol. 18, nº 2, 1972, p. 43-48.
[276]* Tossi, A. Director, Italian Cultural Institute, 947 Punt Road, South Yarra 3141, Victoria (Australie).
[277] Trant, A.; Crooks, J. A.; Powell, B. L. Curriculum development in action. *Ireland Department of Education Journal,* février 1973, p. 31-42.
[278] Tribe, M. A. *Report on the inter-university biology teaching course, United Kingdom.* Strasbourg, Council of Europe, Committee for Higher Education and Research, 1975.
[279]* Turner, D. P. United Kindgom Ministry of Overseas Development, Eland House, Stag Place, London SW1E 5DH (Royaume-Uni).
[280]* Turner, G. C. California State University, Department of Science Education, Fullerton, CA 92634 (Etats-Unis d'Amérique).
[281] ——; Collea, F. P.; Preble, K. J. A unique approach to the selection and training of inner city science teachers. *The science teacher,* vol. nº 8, novembre 1974.
[282] Turney, C.; *et al. Microteaching research, theory and practice. An innovation in teacher education especially as it relates to the Australian context.* Sydney, Sydney University Press, 1973.
[283] ——; ——. *Sydney micro skills.* Series 1. *Handbook. Reinforcement basic questioning variability.* Sydney, Sydney University Press, 1973.
[284] Unesco, Bureau international de l'éducation. *Conférence internationale de l'éducation, 33e session. Rapport final.* Genève, Unesco, 1971.
[285] ——. *New trends in the utilization of educational technology for science education.* Paris, Unesco, 1974, p. 221-239.
[286] ——. *Projet pilote sur les nouvelles méthodes et techniques d'enseignement de la biologie en Afrique. Rapport final.* Paris, Unesco, 1972.
[287] ——. *L'école et l'éducation permanente. Quatre études.* Paris, Unesco, 1972.
[288] ——. Regional Office for Education in Asia. *Regional experts meeting on the Asian programme of educational innovation for development.* Bangkok, Unesco, 1974.
[289] United States Department of Health, Education and Welfare Office of Education. *Preservice science education of elementary school teachers – Preliminary report.* ERIC Doc. ED/032229.
[290] Universiti Sains Malaysia. *Centre for Educational Studies 1974-1975.* Minden Pulau Pinang, Universiti Sains Malaysia, 1974.
[291] University of Ife, Department of Education. *Science methods.* 1974-75 (Multigraphié).
[292] University of London Institute of Education. *Graduate Certificate in Education.* London, University of London, 1972.
[293] ——. *The University Centre for Teachers – Programme autumn 1974.* London, University of London, 1974.
[294] University of Stellenbosch. *Crash course for biology teachers.* 1974 (Multigraphié).
[295] University of West Indies. *Teachers College Science Curriculum – Eastern Caribbean RLA-142.* Barbados, University of West Indies.
[296]* Van der Cingel, N. A. University of Groningen (Pays-Bas).
[297]* Van der Linden, A. Postbus 1034, Arnhem (Pays-Bas).
[298] Verma, S. K. Individualization through learning activity packages. *Journal of education,* Sixth series, vol. 2, nº 3, printemps 1975, p. 7-12.
[299] Wailes, J. R. *History and development of national science foundation elementary institutes 1959-1967.* ERIC Doc. ED/027230.
[300]* Walker, J. Director of Education, Natal Education Department, Private Bag 9044, Pietermaritzburg 3201 (Afrique du Sud).
[301] Ward, J. A.; Cronin, B. *The effective use of educational television for instruction of college freshmen in introductory biology: the training of personnel and the affect upon students.* ERIC Doc. ED/079974.
[302]* Wartiovaara, K. Secretary for Cultural Affairs, Department of International Relations, Ministry of Education, Helsinki (Finlande).
[303]* Wassen, Gunnar, Associate Professor, N. Parkvagen i 752 45, Uppsala (Suède).
[304] Watkins, R. (ed.). *In-service training: structure and content.* London, Ward Lock Educational, 1973.
[305]* Watson, J., Malcolm. Ministry of Education, Addis Ababa (Ethiopie).
[306] Western Curriculum Project on Canada Studies. *Canadian environmental concerns, Winnipeg, Manitoba. Progress Report. July 1972.* ERIC Doc. ED/071944.
[307]* Wheeler, P. Advisory Services Representative, Berkeley Office of Educational Testing Service, 1947 Center Street, Berkeley, Calif. (Etats-Unis d'Amérique).
[308]* Whittle, P. A. Secretary, Science Teachers' Association of Nigeria – Science Teacher Education Section, C/- University of Ife, Adeyemi College, Ondo (Nigéria).
[309] Williams, J. R. Paary; Barrass, R. Changing attitudes towards biological education in Indian schools and the role of the all India Indo-British summer institutes. *Journal of biological education,* vol. 7, nº 1, 1973, p. 19-22.
[310] Wilson, J. M. Developments in teacher education for the teaching of science. *Teacher education in new countries,* vol. 12, nº 3, février 1972, p. 254-263.
[311]* Winkelaar, G. R. Science Tutor, St. Kitts Teachers' College, P.O. Box 268, Basseterre, St. Kitts (West Indies).
[312]* Withnall, D. J. Head of Biology, Worcester College of Education, Henwick Grove, Worcester WR2 6AJ (Royaume-Uni).
[313]* Wong, R. Director, Institute of Education, Paterson Road, Singapore 9 (Singapour).
[314] Wordsworth, O. J.; *et al. Science teacher development – A submission on the professional development of science teachers.* Canberra, Australian Department of Education and Science, Schools Commission, 1975.
[315] Wright, W. P. Science teacher exchange program. *New directions: new dimensions science in Kentucky.* Frankfort, Kentucky, Kentucky Department of Education, 1969.
[316] Yeany, R. *The evolution controversy.* Carbondale, Southern Illinois University, 1974.
[317] ——. *Math and statistical techniques for biology teachers.* Carbondale, Southern Illinois University, 1974.
[318] ——. *Microteaching and videotaping in school.* Carbondale, Southern Illinois University, 1974.
[319] ——. *Secondary science curriculum module.* Carbondale, Southern Illinois University.

Évolution et problèmes relatifs à l'élaboration des cours propédeutiques de biologie (1er cycle universitaire)

Introduction

L'expression "cours propédeutiques" prend des significations différentes suivant les pays et elle peut même avoir plusieurs sens dans un pays donné.

L'organisation du système universitaire est très variée et elle comprend des institutions privées ou gouvernementales, religieuses et laïques, qui peuvent être nouvelles et modernes, ou anciennes et très traditionnelles. Les cours de biologie offerts par ces institutions traduisent cette diversité. La publication de l'ouvrage *The context of biological education –the case for change*, préparé par la Commission de l'enseignement universitaire en sciences biologiques (1972) a été l'occasion de présenter une classification de ces cours propédeutiques aux Etats-Unis d'Amérique, dont les principaux sont les suivants :

Programmes préparant les étudiants à des études de licence ès sciences biologiques ;

Programmes en vue de la formation des maîtres (de l'enseignement secondaire ou du premier cycle universitaire) ;

Programmes de biologie pour les futurs médecins, dentistes, techniciens biologistes, etc. ;

Programmes en rapport avec l'aménagement des ressources naturelles et des sciences voisines (agriculture, sciences du sol, agronomie, exploitation des forêts, aménagement de la faune sauvage, etc.) ;

Programmes propédeutiques destinés à des non-biologistes.

Même si la nomenclature employée varie d'un pays à l'autre, cette liste recouvre les types d'enseignement les plus fréquents rencontrés dans le monde, qu'ils aient un caractère d'enseignement général ou d'enseignement professionnel spécialisé. En Amérique latine, en dépit de tentatives très controversées pour mettre en place des enseignements généraux, ces cours s'adressent dès la première année à de futurs spécialistes. Le congrès d'Uppsala a recommandé l'organisation de tels cours pour les étudiants se destinant à des carrières scientifiques et techniques, ainsi qu'à ceux des sciences humaines.

Une autre interprétation de l'expression "cours propédeutiques" ou "cours introductifs" concernerait les enseignements secondaires qui s'adressent aux étudiants intéressés par la biologie. Parmi les exemples les plus connus, il faut citer les trois versions du *Second level course* du BSCS et l'*Advanced level* du Projet Nuffield. Dans les deux cas, les intentions des auteurs n'étaient pas de préparer les étudiants à l'université, mais plutôt d'élaborer des enseignements approfondis pour le secondaire. Young écrit à ce sujet : "De toutes façons, on insiste de plus en plus sur les besoins de ceux qui n'iront pas à l'université, ni dans une institution quelconque d'enseignement supérieur, et il est nécessaire d'élaborer des cours qui soient satisfaisants et intellectuellement stimulants en eux-mêmes, et non plus simplement des passeports pour d'autres études".

Même lorsque ces cours n'étaient pas faits pour des étudiants désireux de poursuivre des études universitaires, ils furent largement utilisés à cet effet et même comme des cours propédeutiques dans les universités.

Sous l'expression "cours propédeutiques", on entendra ici les enseignements de biologie donnés durant les premières années des études universitaires, dont le contenu est le même pour les futurs biologistes et les non-biologistes.

Depuis 1960, l'enseignement des sciences a connu des changements importants ; c'est l'enseignement secondaire qui a été le plus touché par cette rénovation, ce qui eut pour conséquence la production de nombreux projets de programmes nouveaux ayant un impact important (voir le chapitre "L'évolution et l'élaboration de nouveaux cours pour l'enseignement secondaire de la biologie"). Il est cependant impossible de modifier une partie du système éducatif sans que les autres niveaux en soient affectés. De fait, l'enseignement universitaire fut atteint également par des vagues de changement, mais de force moindre, et les effets furent moins perceptibles.

D'autre part, les mouvements propres au système universitaire ont conduit à des remises en cause, puis à des changements de l'organisation de l'enseignement. Leurs

effets se font encore aujourd'hui sentir dans la rénovation pédagogique au niveau universitaire.

Le développement du système éducatif et les aspirations croissantes pour l'éducation ont modifié la composition des effectifs entrant à l'université. Le rôle croissant de la participation des étudiants aux discussions sur la politique universitaire dans certains pays et les progrès techniques furent, selon Trent et Cohen (1975), les forces motrices du changement de la forme et du contenu de l'enseignement universitaire au cours des années soixante. Actuellement, le débat sur les finalités et le rôle de l'université reste ouvert : elle se trouve partagée entre un développement autonome et l'intégration au reste du système éducatif, entre la qualité et la quantité, entre l'enseignement et la recherche, entre l'enseignement général et la préparation à des spécialités professionnelles. Lorsqu'on a besoin de réponses précises à propos des objectifs et des buts de divers secteurs de l'enseignement universitaire, comme par exemple celui de l'enseignement des sciences et de la biologie, ces questions débouchent sur d'autres : Le rôle de l'université est-il de fournir une éducation libérale et de permettre à tous les étudiants de comprendre les processus et les résultats de la science ? Est-il possible d'organiser des cours de rattrapage pour pallier les défauts de l'enseignement scientifique au niveau secondaire ? Doit-elle se contenter de satisfaire aux besoins des diverses professions ? Les choix faits entre ces diverses options déterminent la nature des cours offerts et l'organisation des programmes des enseignements propédeutiques de biologie.

On avait espéré que la science pourrait être un facteur de transformation de la vie des hommes, mais on adopte maintenant une attitude plus modérée, voire sceptique ou même désabusée, quant au rôle bénéfique du développement scientifique. Bien qu'on puisse déplorer un tel déclin d'intérêt, qui provient d'un sentiment général de pessimisme, il est salutaire de réfléchir une fois de plus à nos positions et à notre rôle dans ce processus éducatif.

Décisions concernant les programmes

Même si les discussions se poursuivent encore quant aux objectifs réels des cours de biologie propédeutiques dans les différents cercles responsables de l'organisation de l'enseignement, les décisions finales concernant ces cours et leur structure continuent d'être prises en fonction des opinions personnelles des enseignants.

Chaque professeur est en effet maître de son fief et ses décisions sur le contenu et la méthode de son enseignement relèvent de ses convictions personnelles, de ses intérêts et de ses goûts. On accorde peu de considération au contexte éducatif des étudiants et à leurs motivations. Moore (1965) a étudié dans son enquête 32 *colleges* représentant un large éventail de cours propédeutiques, et il a constaté que le contenu de l'enseignement en était très variable et reflétait les intérêts de l'enseignant concerné.

On s'accorde généralement à admettre la nécessité d'une collaboration pour organiser des enseignements en fonction des intérêts, des antécédents scolaires et des besoins des étudiants, etc., mais il existe encore fort peu de publications sur ce problème. C'est pour cette raison que la seconde conférence interaméricaine sur l'enseignement de la biologie a recommandé que " dans l'élaboration des programmes, à tous les niveaux de l'enseignement, on attache une attention particulière à l'étude de l'homme dans ses aspects physiques et psychologiques en relation avec le milieu naturel et social " (OEA, 1973).

Le contenu des enseignements

Les décisions à ce sujet se fondent sur la nature de la matière à enseigner, l'ordonnancement des sujets à enseigner et l'intégration des divers domaines du programme concerné.

En raison de leur structure, beaucoup d'universités et d'institutions d'enseignement supérieur restent liées à une organisation périmée qui empêche toute modification de contenu, l'introduction de nouveaux cours et la création de nouveaux départements, de sorte que l'innovation est fortement limitée. Dans bien des cas, même lorsque des professeurs d'une faculté sont d'accord pour la nécessité de changements de programmes, les difficultés associées à la réorganisation d'un enseignement conduisant à la modification d'une structure déjà établie interdisent la poursuite du projet. C'est en grande partie pour cela qu'il existe encore des cours de biologie découpés en disciplines, même si l'on a depuis longtemps reconnu la nécessité de donner à l'étudiant débutant une vision globale de l'ensemble des phénomènes biologiques. Les étudiants qui se spécialisent en zoologie, en botanique et en microbiologie, par exemple, doivent recevoir une introduction aux processus fondamentaux et aux principes essentiels de la biologie, acquérant ainsi une vision panoramique de leur propre domaine.

A la suite d'une longue tradition, la plupart des cours introductifs de biologie sont encore divisés en zoologie et en botanique, eux-mêmes subdivisés en morphologie, physiologie, systématique, etc. Lorsqu'un étudiant décide de se spécialiser en sciences biologiques, il devra suivre simultanément différents cours, par exemple, cours sur les vertébrés, la morphologie végétale, la cytologie, ou toute autre combinaison équivalente. On a même des cas où l'on sépare nettement écologie animale et végétale. Le résultat est que l'étudiant ne perçoit que certaines parties seulement du puzzle et n'arrive pas toujours à reconstituer l'image complète.

Il existe toutefois plusieurs expériences, comme celle de l'Université de Malaisie qui montre la possibilité de couronner de succès de tels efforts. Les enseignants de cette université étaient peu satisfaits de la division classique entre zoologie et botanique, car cela obligeait à la préparation de cours identiques et conduisait à des redondances et à un gaspillage de moyens et de temps pour les enseignants comme pour les étudiants. La recherche scientifique était également handicapée, car chaque département travaillait de manière indépendante. Ainsi, les besoins nationaux subissaient les répercussions d'une structure défectueuse. Il

y eut une tentative de changement le 1er avril 1967 avec la fondation de l'Ecole des science biologiques, à partir de la fusion des départements de botanique et de zoologie. Selon Prakash (1969), ce changement " donna des dimensions, un sens et une impulsion différents, non seulement en permettant une meilleure utilisation des moyens existants, mais en effectuant une coordination plus efficace entre l'enseignement et la recherche en biologie. Le grand avantage du cours de biologie actuellement enseigné à l'Université de Malaisie réside dans l'approche fondamentalement intégrée de cette discipline. On maintient une surveillance constante : le temps alloué, les matériaux du cours, etc., sont modifiés et améliorés suivant les disponibilités en enseignants et en laboratoires. Ce nouvel enseignement met l'accent sur les phénomènes qu'on retrouve chez tous les systèmes vivants, depuis le niveau de l'organite à celui de l'organisme et à la population. Grâce à cet effort d'élargissement, une telle approche favorise la discussion des concepts unitaires de la biologie, et les exemples détaillés ne sont présentés que pour les illustrer. Il est en effet impossible de présenter des principes et des concepts sans en discuter les détails ". En dehors des avantages, déjà présentés, relatifs au contenu du cours, la nouvelle division des responsabilités a permis des économies de temps, de place, et une nette amélioration du travail de chaque enseignant. L'institution retira un grand profit de la fusion des deux disciplines, qui a permis de satisfaire le souhait exprimé pour de meilleures conditions de travail, et en sortit renforcée.

Une telle stratégie peut avoir du succès dans certaines écoles ou facultés, mais, dans d'autres institutions, la présence d'une structure archaïque pourra faire obstacle à la solution des problèmes existants. Les grandes universités éprouvent généralement plus de difficultés à réaliser de telles réformes, précisément à cause de leur taille et de la complexité de leur administration. Ce phénomène est manifeste dans les universités d'Amérique latine.

Même lorsque les modifications de structure sont réalisables, il reste à changer les attitudes des enseignants, de manière qu'ils puissent voir les choses sous un jour nouveau et revoir en conséquence leurs cours et leurs méthodes pédagogiques. Donner de nouvelles étiquettes aux cours traditionnels ne signifie pas toujours que leur nature ait changé. On doit faire une analyse détaillée et prudente des thèmes de chaque cours afin de s'assurer que les étudiants y recevront une connaissance de la biologie moderne, c'est-à-dire d'une science dont les principes fondamentaux permettent la formation d'un ensemble cohérent d'idées et non une vision floue faite de faits dispersés et sans rapport entre eux, comme c'est souvent le cas.

En résumé, on a pu noter une évolution depuis un enseignement classique de botanique et de zoologie mettant l'accent sur les aspects descriptifs et systématiques, vers des cours de biologie générale comprenant la biologie cellulaire, la biologie du développement, la génétique, etc. La Commission de l'enseignement universitaire en sciences biologiques (CUEBS) a réalisé une étude sur les besoins dans les programmes biologiques (agriculture, santé, spécialités biologiques). Les institutions choisies furent les universités Purdue, Stanford, de l'Etat de Caroline du Nord à Raleigh et le College Dartmont. Les domaines enseignés dans les quatre institutions sont les suivants (en unités de temps) : taxinomie, 0,0 ; écologie, 0,7 ; évolution, 1,1 ; croissance, 1,3 ; développement, 1,4 ; physiologie générale, 2,2 ; reproduction, 2,5 ; morphologie, 2,7 ; génétique, 12,1 ; biologie cellulaire, 15,6.

L'une des recommandations finales de la publication de la CUEBS, *Content of core curricula in biology* (1967), concernant les programmes centraux (tronc commun) a trait à " la reconnaissance des concepts biologiques fondamentaux, qui comprennent, à tous les niveaux de la complexité biologique, les rapports entre la structure et la fonction, la croissance et le développement, la nature des phénomènes héréditaires, le fondement moléculaire des phénomènes énergétiques, la régulation des synthèses et du métabolisme, les relations des organismes entre eux et avec leur milieu, le comportement des populations dans l'espace et dans le temps, en particulier dans le cas de l'évolution biologique ". On peut discuter la liste des principes et des concepts présentée dans cet article et la modifier suivant les opinions des spécialistes dans chaque faculté, en fonction du progrès scientifique et des motivations des étudiants, mais elle constitue le noyau central de tout enseignement moderne de biologie ; le congrès d'Uppsala a appuyé cette façon de voir et les cours propédeutiques doivent être tels qu'on ne doit pas perdre de vue l'objectif essentiel qui est l'étude des êtres vivants. S'il est déjà difficile de passer de cours de zoologie, de botanique, etc., à un cours de biologie unifiée, les cours intégrés de biologie, de physique et de chimie, qui se réalisent progressivement, exigent aussi un changement d'attitude des enseignants et une nouvelle organisation d'enseignement de la part des divers départements scientifiques d'une université.

La tendance générale de l'enseignement des sciences au cours des années soixante-dix s'est caractérisée par une préoccupation croissante pour les problèmes sociaux et leurs rapports avec le développement scientifique et technique. Cette même préoccupation se retrouve à tous les niveaux de l'enseignement y compris l'université. Plusieurs articles des deux derniers volumes (III et IV) du *Journal of college science teaching* abordent les implications sociales dans l'enseignement des sciences et en particulier de la biologie. Le nombre élevé de ces articles indique clairement la tendance actuelle de l'enseignement.

La nécessité d'envisager les problèmes écologiques, comme la pollution, l'accroissement démographique et la crise de l'énergie, représente une constante dans les cours propédeutiques de biologie destinés tant aux futurs biologistes qu'aux non-biologistes. Des cours de ce type varient quant à leur dénomination et à leur composition, mais ils présentent un trait général commun : le désir d'être à propos et humanistes, et de prendre en considération les problèmes sociaux. Mais les enseignants de biologie sont-ils capables d'aborder des problèmes sociaux ? On peut estimer qu'ils sont aussi compétents que tout autre intellectuel pour discuter de ces problèmes généraux avec leurs étudiants ! " A la suite de l'agitation étudiante sur les campus depuis

plusieurs années, les enseignants tâchent d'être plus près des préoccupations contemporaines " (Aronstein et Beam, 1974). Ce fut également la tendance au Département des sciences de l'Université d'Etat de Buffalo, qui souhaitait également transmettre une culture scientifique. L'exceptionnelle aspiration à la connaissance scientifique et l'infuence de la science sur la vie contemporaine furent pris en considération dans l'établissement des objectifs d'un cours propédeutique. Les étudiants étaient confrontés aux problèmes qui devaient être résolus de façon humaniste, afin de les aider à prendre des décisions et à savoir utiliser la littérature scientifique. Les professeurs et les étudiants choisissaient en commun les problèmes à résoudre parmi lesquels on trouvait la pollution, la drogue, l'exploration de l'espace et des océans, l'utilisation des ressources naturelles, etc. On trouve un autre exemple de cette tendance dans le cours de science contemporaine donné à l'Institut de technologie de Rochester (White, 1974) : les thèmes fondamentaux sont l'énergie, la science en action, et l'homme et la science. Les cours sont donnés conjointement par les départements de physique, de chimie et de biologie. Trois cent soixante étudiants suivent cet enseignement, à raison de trois cours par semaine plus une session hebdomadaire de discussion par groupes de 25 étudiants. Des textes multigraphiés sont distribués et ils remplacent les manuels traditionnels et de laboratoire. Les discussions comprennent les aspects théoriques, les concepts scientifiques et les questions d'intérêt général.

Le congrès d'Uppsala a estimé qu'il convenait de maintenir un enseignement individualisé de la biologie et ne souhaite pas la généralisation de cours de sciences intégrés. Cependant, il convient d'inclure les implications sociales de la biologie et les problèmes actuels – alimentation, pollution, manipulations génétiques, croissance démographique, etc., dans les cours de biologie au niveau propédeutique. C'est d'ailleurs le cas dans plusieurs de ceux-ci : par exemple, les thèmes abordés dans l'enseignement de biologie générale (*audio-tutorial*) à l'Université de l'Arizona (Gaddis, 1972) comprennent l'évolution humaine, le concept d'écosystème, d'habitat, la génétique humaine, la physiologie humaine et les maladies, la reproduction, la régulation, l'écologie des populations. Le projet *Unit Bank Biology* de l'Université de Kiel (Schaefer, 1972) envisage de structurer l'enseignement de la biologie depuis l'école secondaire au premier cycle universitaire, en fonction de lignes directrices comme l'anthropologie, l'écologie et les processus d'acquisition des connaissances ; d'autres exemples sont donnés par Dolphim (1973), Dowdeswell (1974) et par Raw (1975).

On peut résoudre de façon légèrement différente ce problème en incluant des cours d'écologie dès la première année universitaire comme cela se fait à l'Université de Bath en Angleterre (Dowdeswell et Potter, 1974). Ce cours tâche d'intégrer la botanique, la zoologie et la microbiologie autour des trois thèmes suivants : "la répartition des organismes dans l'espace ", "le flux d'énergie dans les écosystèmes " et "le gène, élément dans la continuité des populations ". Ce choix est justifié par le fait que "l'écologie doit occuper une place importante dans tout enseignement propédeutique de biologie non seulement en tant que sujet autonome, mais aussi en raison de ses relations avec d'autres domaines comme la physiologie, le comportement et la génétique, et avec des problèmes contemporains comme ceux de la conservation et de la pollution " (Dowdeswell et Potter, 1974). Les étudiants se rencontrent un jour par semaine pendant dix semaines, à raison de deux heures de cours et de discussion le matin, et des travaux de laboratoire, l'après-midi, d'une durée de deux heures et demie. Les objectifs de cet enseignement laissent clairement indiquer que les étudiants devraient être capables d'apprendre les principes écologiques fondamentaux, d'utiliser la littérature scientifique et de développer les aptitudes à la récolte des données servant en écologie.

A l'Université fédérale de São Carlos, au Brésil, le cours propédeutique de biologie, destiné aux futurs enseignants scientifiques, est également organisé autour du même thème de l'écologie. L'étude particulière d'un lac se trouvant sur le domaine universitaire constitue le thème central pour l'organisation du programme. Les étudiants commencent par étudier les rapports entre ce lac et les écosystèmes terrestres environnants. La classe est divisée en groupes, qui sont chacun chargés d'étudier un aspect différent du même projet de recherche. Pendant quatre mois, les étudiants suivent trente heures d'exposés et de discussions et quatre-vingt-dix heures de travaux de terrain et de laboratoire. Les deux assistants responsables des 45 étudiants estiment que cette approche maintient un niveau élevé de motivation, améliore la capacité des étudiants à faire une synthèse à partir de données dispersées d'origine variée et les encourage à aborder la science de façon plus intégrée (Tundisi, 1975). On est donc, dans ces cours propédeutiques, confronté à un nouveau défi : celui d'intégrer la biologie et, d'une manière plus générale, la connaissance scientifique, et de discuter ses implications sociales de manière qu'ils aient un sens pour les étudiants et s'avèrent pertinents.

Les étudiants

L'aspiration à une formation universitaire n'est plus l'apanage d'une catégorie sociale particulière. Même si, de nos jours, les jeunes sont nombreux à penser que leur espérance d'une vie meilleure ne peut être satisfaite par l'université, ils continuent à vouloir être admis dans les campus universitaires. Il en résulte un accroissement des candidats aux facultés et celui des universités pour faire face à cette demande. Il a fallu améliorer le système de sélection et cela a engendré des controverses et des discussions au sein de la communauté éducative, en raison des conséquences sociales, économiques et politiques.

Au Brésil, les institutions chargées de préparer les examens d'entrée à l'université sont devenues des centres importants de recherche sur l'éducation. La Fondation Carlos Chagas, établie en 1965 our préparer les examens d'entrée dans les facultés de médecine de l'Etat de São Paulo, examine 20 000 étudiants par an en vue de pourvoir

les 1 500 places. Plusieurs institutions analogues ont été récemment fondées pour préparer les commissions de sélection en sciences humaines, physiques et mathématiques dans l'Etat de São Paulo et dans d'autres Etats brésiliens. Il est facile d'imaginer les conséquences de tout cela sur l'ensemble du système éducatif, puisque le fait de passer ces examens d'entrée constitue la norme des écoles secondaires. Les commissions de sélection ont également une influence sur l'enseignement universitaire, puisqu'elles définissent et sélectionnent la population étudiante.

Il existe une situation identique aux Etats-Unis où des institutions comme l'Educational Science Service exercent aussi une influence profonde sur l'organisation du programme scolaire, aux niveaux universitaire et secondaire.

Selon Kirst et Walker (1972) "plus d'un million d'étudiants passent les examens de sélection exigés par plusieurs centaines d'institutions. En conséquence, les écoles n'ont pas le choix quant à la nécessité d'offrir la douzaine de sujets couverts par les examens des comités de sélection universitaires. Certes, ces examens ne déterminent pas entièrement le contenu détaillé du programme, mais ils limitent fortement la latitude de choix des enseignants". Birnbaum (1973) écrit à propos de l'importance de ces examens d'entrée à l'université : "On peut constater dans quelques pays autres que le Japon, ce qui se passe chaque année au moment des examens d'entrée à l'université. Les étudiants peuvent passer de longues périodes à bachoter en vue de leur admission aux universités ; certains s'inscrivent pour cela dans des écoles spécialisées."

L'utilisation de questions à choix multiples (QCM) explique les difficultés qu'éprouvent les étudiants à s'exprimer et à rédiger correctement, et l'on pense que c'est la tension nerveuse causée à l'étudiant par l'examen qui pousse au rappel de l'information et à la seule mémorisation. Dans le cas particulier des cours propédeutiques de biologie, ces faits affectèrent la formation des étudiants admis à suivre ces cours. L'utilisation ou non des essais de rénovation dans l'enseignement secondaire est déterminée par le caractère des examens. Dans certains cas, on dut changer les examens pour satisfaire les objectifs de ces projets (voir le chapitre "L'évolution des moyens et des critères utilisés pour contrôler les résultats des étudiants").

Si l'on considère que quinze années se sont déjà écoulées depuis l'introduction du BSCS, et presque autant depuis l'entrée en vigueur du Projet Nuffield, il devient manifestement nécessaire de procéder à une étude détaillée et soigneuse pour déterminer les effets de ces programmes sur les étudiants et leur importance comme facteurs de changement des cours universitaires. Une telle étude serait très utile et pourrait même servir de guide à ceux qui travaillent actuellement à la rénovation des programmes.

Dans les systèmes éducatifs où plusieurs cours scientifiques (physique, chimie et biologie) sont choisis simultanément au cours de l'enseignement secondaire, les effets de transfert des attitudes et du comportement d'un cours à un autre permettraient de clarifier plus spécifiquement les effets à long terme de projets comme le BSCS, Nuffield, Chem Study, CBA, PSSC, etc., sur le corps des étudiants à l'université. Les changements de programmes, même au niveau de transition d'un enseignement à un autre, sont séquentiels et doivent se rattacher à ce qui précède et à ce qui suit. Plusieurs jeunes qui ont suivi au cours de l'enseignement secondaire des programmes comme ceux du BSCS et Nuffield sont actuellement, ou ont été, des étudiants de licence ou même post-licence. Cela permet de vérifier les effets à long terme de ces programmes par les étudiants eux-mêmes, lorsqu'ils accèdent à un milieu où il existe peu de possibilités d'expression, en raison de classes surchargées, et où l'on apprécie hautement les connaissances.

L'influence du BSCS a été analysée dans plusieurs études : Mayer, Allamong, Carter et Nakostem, dans un numéro spécial du bulletin d'information du BSCS (1971), ont traité de l'influence des différentes versions du BSCS sur les résutats des étudiants débutants en biologie et sur l'organisation des cours propédeutiques de biologie. Bennet (1975), dont l'étude portait sur 857 étudiants inscrits au cours propédeutique de biologie à l'Université d'Etat de l'Iowa, a montré que 95, 92 % de l'échantillon avaient suivi des cours de biologie dans l'enseignement secondaire et que 37,59 % avaient suivi au moins l'une des versions du BSCS. En comparant les résultats obtenus lors de deux tests et d'un examen final, Bennet constata que les étudiants qui n'avaient pas utilisé les manuels du BSCS avaient obtenu de meilleures notes. Cette constatation peut servir de point de départ à une série d'hypothèses et de problèmes : comment sont organisés les cours propédeutiques ? Quels en sont la méthodologie et le contenu ? Y aurait-il des distorsions entre les objectifs pédagogiques des cours à l'université et le BSCS ? Les examens sont-ils des moyens d'évaluation satisfaisants des résultats des étudiants ? Quelle est l'importance du fossé qui existe entre les enseignements secondaire et universitaire ? Ces questions et d'autres aideront les chercheurs qui essaient de réaliser des curriculums plus efficaces pour tous.

Les enseignants universitaires

Il ne fait pas de doute que l'élément le plus important dans la rénovation et la transformation de l'enseignement, quel qu'en soit le niveau, est l'enseignant. Ce problème présente des aspects originaux dans le cas de l'université. Lorsque l'on compare la formation pédagogique des enseignants universitaires à celle des maîtres des enseignements primaire et secondaire, les premiers sont désavantagés, car ils n'ont pas reçu en général de formation à cet effet. La grande majorité des cours propédeutiques sont confiés à des débutants – assistants ou maîtres-assistants – qui doivent souvent partager leur temps entre l'enseignement au niveau du premier cycle universitaire et la préparation de leur thèse. Outre leur expérience pédagogique limitée, ils montrent peu d'intérêt pour les problèmes didactiques, car leur préoccupation essentielle concerne leur domaine de recherche. Comme leur carrière dépend de la préparation et de la publication d'articles de recherche, l'enseignement est alors considéré comme une charge inévitable.

Il serait très urgent de mettre au point des programmes de formation pédagogique des enseignants universitaires, et pourtant de tels programmes sont rarement offerts. Comme ces enseignants proclament haut et fort leur indépendance et affirment leur droit à conduire seuls leur travail, ils se préoccupent rarement des problèmes d'enseignement. Ces derniers sont en effet subordonnés aux objectifs plus élevés auxquels les professeurs s'intéressent, c'est-à-dire la recherche.

D'une manière générale, les enseignants universitaires sont formés ou plutôt se forment eux-mêmes par la méthode empirique de l'essai et de l'erreur. Au début de leur carrière, ils donnent souvent un enseignement très proche de celui qu'ils reçurent lorsqu'ils étaient eux-mêmes étudiants, et à partir de là ils tâchent de développer leur propre style d'enseignement. Cela se réalise aux dépens d'un grand nombre d'étudiants et sur de nombreuses années durant lesquelles les élèves doivent supporter les erreurs de leurs professeurs, et cela jusqu'à ce qu'ils soient à la hauteur, si cela doit arriver un jour.

Les essais d'amélioration de cette situation sont variables : depuis les sessions de formation, conduites par les enseignants les plus expérimentés, qui ne sont souvent rien d'autres que des réunions administratives déguisées, jusqu'aux cours de formation véritables. Une récente étude analysant la formation des assistants et des maîtres-assistants, faite par Stockdale et Wochok (1974), a vérifié que, dans les 50 facultés concernées, 80 % offfraient des cours de formation consistant en une réunion initiale suivie de rencontres hebdomadaires qui, dans leur majorité, traitaient de procédures et de problèmes administratifs. Les facultés qui offrent des programmes de formation tendent à les organiser suivant quatre lignes directrices : la première se rapporte à la discussion et à la présentation de moyens et de méthodes d'enseignement destinés à améliorer les résultats des étudiants ; la seconde concerne l'organisation des classes ou des cours ; la troisième tâche d'aider l'assistant à réaliser et à analyser les examens et d'autres moyens d'évaluation des résultats obtenus par les étudiants ; la quatrième étape met l'accent sur la philosophie, l'historique et les buts de l'enseignement supérieur. D'autres programmes, quoique moins employés, comprennent ceux relatifs à l'amélioration du contenu des cours et à la psychologie de l'enseignement. Bien que les travaux de Stockdale et Wochok ne se soient pas limités aux enseignants de biologie, ces résultats donnent une idée de ce qui se passe pour cette discipline. Il y a, cependant, quelques aspects importants qui méritent d'être considérés par les institutions désireuses d'améliorer la formation des enseignants responsables des cours propédeutiques. Comme dans l'enseignement secondaire, le statut et les promotions devraient dépendre des activités pédagogiques. Rowe (1975) écrit, à ce propos : " on peut dans plusieurs cas soutenir que la contribution des programmes et des expériences mis au point, de même que celle du biologiste qui a trouvé une méthode plus efficace et plus utile d'enseigner la glycolyse ou le cycle de Krebs est aussi importante que celle de leurs collègues engagés dans d'autres formes de recherche ". La création de commissions interdépartementales servant de service consultatif en matière éducative semble présenter de bonnes perspectives d'amélioration de l'enseignement universitaire. On a déjà créé un service de ce type au Brésil pour les facultés fédérales de médecine. Un organisme coordonnateur central échange le matériel et les résultats expérimentaux, suscite des réunions périodiques et propose des cours. Le service possède une banque de questions d'examen et de réponses, et une liste des objectifs de comportement pour les cours fondamentaux ; il est responsable du recyclage des professeurs, de l'organisation de programmes de rattrapage pour les étudiants faibles et de la préparation des examens.

Deux projets inter-universitaires témoignent des efforts de coopération entre plusieurs institutions pour produire du matériel destiné aux cours propédeutiques de biologie. Le premier résulte de l'association des départements de biologie de cinq universités britanniques (Bath, Birmingham, Glasgow, Londres, Sussex) en vue de la préparation d'un programme de biologie. Il s'agit de réaliser des documents nouveaux, de montrer comment améliorer l'enseignement en utilisant la technologie de l'éducation (Dowdeswell, 1974). D'autre part, le Programme coopératif d'amélioration de l'enseignement de la biologie (BIOCOTIE) est le fait de treize collèges universitaires américains ; il a pour objectif de mettre au point et de diffuser des documents et des matériels techniques pour les cours propédeutiques. L'Université du Texas, dans le souci d'améliorer l'enseignement, a créé un Centre pour l'efficacité de l'enseignement, ayant comme fonctions d'organiser des cours pour le corps enseignant, surtout pour les assistants et les maîtres-assistants, d'offrir des services de consultation pour l'élaboration des cours, d'organiser des séminaires pour améliorer les aptitudes pédagogiques, d'inventorier les moyens disponibles sur le campus et suggérer la meilleure façon de les utiliser.

Dans certains cas, les enseignants scientifiques sont réticents à établir de tels programmes d'échanges. Les centres d'enseignement des sciences, lorsqu'ils existent, pourraient servir d'élément de liaison et de point de rencontre entre les diverses institutions scientifiques et celles qu'intéressent les problèmes d'enseignement et d'éducation. La forme de coopération la plus commune est la recherche conjointe. Howe (1966) a noté que, sur les 33 centres examinés, 21 menaient de tels programmes de recherches interdépartementaux. Catheral (1971), se référant au Centre d'enseignement scientifique de l'Université de Sussex, a écrit que " grâce aux centres d'enseignement des sciences, les chercheurs sont moins isolés et les idées circulent mieux; de même, grâce à l'Institut de biologie, la communication entre les centres peut s'établir et les idées mieux s'échanger. On pourrait penser que les équipements produits dans ces centres de formation des maîtres (films, bandes magnétiques, livres, matériel d'auto-évaluation, programmes types pour les cours de formation) participent à l'amélioration de l'enseignement de la biologie. Il est certain qu'on pourrait susciter un plus grand intérêt pour les problèmes d'enseignement et d'éducation s'il existait un lien entre les départements scientifiques et les centres d'enseignement des sciences.

Les méthodes

D'une manière générale, les cours propédeutiques de biologie sont conçus en vue d'apporter une information et la méthodologie des professeurs traduit bien cette tendance (CUEBS publication n° 31, 1972). Les techniques les plus courantes de transmission des connaissances sont les conférences et les travaux pratiques qui permettent de vérifier l'information reçue auparavant.

Les cours ou conférences donnent aux étudiants une vue d'ensemble du contenu de l'enseignement, les aident à comprendre les données et à résoudre des problèmes ; ils présentent les diverses opinions et points de vue, et ils présentent l'information d'une manière organisée et intéressante. Ils ont cependant des inconvénients en empêchant ou en rendant difficile la participation des étudiants. Ce qui devrait être un échange intellectuel est réduit à un monologue qui n'est rien moins que stimulant.

Il y a maintenant très souvent des travaux dirigés dans les enseignements scientifiques et de biologie. Ils ont l'avantage de permettre aux étudiants de s'exprimer librement et sont l'occasion de questions et de débats entre enseignants et étudiants. Il arrive cependant qu'en raison du manque de préparation antérieure, ces séances de discussion se transforment en fait en cours magistraux donnés à de petits groupes ou en bavardages sans structure et sans direction bien définie. On obtient ainsi le résultat inverse de celui qu'on escomptait (Parker, 1974).

Le travail en groupe exige, en effet, une préparation soigneuse, qu'on distribue à l'avance des documents à lire et qu'on propose de grandes orientations qui seront suivies dans la phase de la discussion. Cela paraît indispensable au moins au cours des premiers stades, de façon à instaurer la façon de procéder. Young (1974) propose que chaque étudiant donne sa réponse écrite à une question posée à la classe avant la discussion. Il peut être utile de faire l'analyse et la critique des opérations pédagogiques à partir de bandes vidéo et de films. Lorsque ces moyens n'existent pas, comme dans les pays pauvres, des observations faites par des groupes de professeurs du même département ou de la même unité d'enseignement peuvent remplir ce rôle et ainsi améliorer l'efficacité de l'enseignement.

Avec l'intérêt croissant pour des problèmes sociaux, et le souci de les prendre en considération dans les enseignements de biologie, une nouvelle méthode de travail avec les étudiants est apparue : simulation et jeux. Elle était très utilisée dans les sciences sociales, et on l'a incorporée aux cours de sciences. Les participants simulent et défendent les rôles de différents éléments de la société ou de membres de la communauté et leurs rapports permettent de dégager divers points de vue et intérêts. Les étudiants acquièrent une compréhension de la complexité de certains problèmes et des difficultés qui surgissent lorsqu'on veut parvenir à des solutions acceptables. Lorsqu'ils parviennent finalement à un accord, les membres du groupe peuvent vérifier l'effet de leurs décisions d'après les réactions de leurs condisciples (Crawford et Purcell, 1974). Ces simulations sont très utiles dans le cas de cours propédeutiques, car ils rendent les étudiants plus sensibles à la responsabilité du scientifique à l'égard de la société et à l'attitude du citoyen à l'égard de la science. La construction d'une entreprise industrielle, la destruction des forêts, l'emploi des insecticides et des pesticides, se prêtent bien à la discussion des problèmes biologiques, tout en ayant un intérêt social, économique et politique. Les étudiants qui réagissent avec enthousiasme à ce type d'activité s'intéressent non seulement aux problèmes en rapport avec leur propre domaine d'étude, mais encore ils apprennent à travailler en groupe, à respecter des opinions différentes et à trouver des compromis pour arriver à des décisions satisfaisantes.

Les cours propédeutiques de biologie doivent obligatoirement s'accompagner d'exercices de laboratoire et de travaux pratiques, si l'on veut fournir aux étudiants non seulement une information sur les concepts biologiques fondamentaux, mais surtout leur permettre de "vivre" le processus *scientifique* et d'avoir une vision correcte de la biologie. Il est essentiel de maintenir un équilibre entre la théorie et la pratique dès le début.

Parmi les objectifs de ces travaux de laboratoire (illustration de concepts et présentation de faits, enseignement de techniques et de méthodes, participation à un travail scientifique), le plus important est que l'étudiant obtienne des résultats inattendus et tâche de les expliquer. Ce processus se déroule uniquement en laboratoire, c'est-à-dire qu'il ressort exclusivement du travail expérimental (voir le chapitre "L'influence des nouveaux équipements et des moyens techniques d'enseignement sur l'enseignement de la biologie").

Au Scottsdale Community College (Etats-Unis d'Amérique), le laboratoire est ouvert et l'étudiant peut y accéder et y travailler à sa convenance (Gray et Olson, 1975). Chaque expérience comprend plusieurs temps et les étudiants ne sont pas obligés de la terminer en une seule fois. Les instructions sont données par des films en boucle. La présence est contrôlée par des cartes placées dans les fentes d'un fichier ; chacune de ces fentes correspond à une place de laboratoire. Ainsi, les étudiants peuvent savoir, en consultant le fichier, s'il y a des places vacantes ou non.

La mise en place à l'échelon national de systèmes de production d'équipements éducatifs représente une impérieuse nécessité pour les pays souhaitant disposer d'un bon enseignement des sciences. La production d'équipement et l'installation d'une industrie locale en vue de fournir des matériels adaptés aux besoins nationaux ainsi que la production d'auxiliaires d'enseignement (textes, matériel audio-visuel, etc.) sont essentielles. Il faut signaler à cet égard l'expérience intéressante au Brésil où l'on a produit une série de 50 trousses permettant de réaliser des expériences en physique, en chimie, en biologie et en géologie. Dans chaque trousse, se trouvent l'équipement suffisant pour réaliser un certain nombre de manipulations, ainsi que le mode d'emploi et la biographie du chercheur ou du savant dont le nom est associé à ces manipulations. On peut ainsi discuter des implications et des effets de chaque découverte scientifique dans un contexte historique déterminé. On vend même ces trousses dans les kiosques à jour-

naux afin de les rendre accessibles au grand public. De nouvelles séries étaient mises en vente tous les quinze jours. Ces trousses furent adoptées dans un grand nombre d'écoles secondaires – ce qui était tout à fait inattendu – et même dans des facultés où on les utilisa pour illustrer les cours propédeutiques. Même si les manipulations furent préparées pour l'enseignement secondaire et si le matériel n'était pas très compliqué, les enseignants universitaires en firent usage, car elles représentaient souvent le seul matériel expérimental dont ils disposaient. En utilisant ce dernier, ils purent réaliser des expériences plus complexes exigées par leur cours.

Les comptes rendus de la troisième Conférence régionale asiatique sur la biologie de niveau scolaire renferment d'excellents exemples d'utilisation d'organismes locaux. Les recherches conduites avec des vers à soie, l'hibiscus, le riz ou d'autres plantes caractéristiques de ces régions (AABE, 1970), permettront la mise au point de cours adaptés aux pays concernés.

S'il existe beaucoup de bons manuels de travaux pratiques pour les enseignements de la biologie au niveau secondaire, ils sont très rares à l'université. Il serait essentiel, pour améliorer l'enseignement universitaire, de préparer de tels manuels et des guides du maître, contenant des exercices et des idées pour présenter des problèmes adaptés et pour aider au développement des aptitudes de recherche au lieu de se contenter d'un simple mode d'emploi.

Les excursions représentent des activités caractéristiques de l'enseignement propédeutique de la biologie. Les problèmes qu'elles posent à ceux qui ont la charge de les organiser sont fonction de la région où elles doivent se dérouler. Un guide du maître serait bien utile pour indiquer les problèmes pratiques et les difficultés rencontrées dans l'organisation de ces excursions, suggérer les sujets à placer dans les cours propédeutiques, surtout en ces temps où l'on se préoccupe beaucoup de la gestion et de la conservation des ressources naturelles.

L'organisation de cours propédeutiques individualisés

L'organisation d'un enseignement de cette nature se justifie par les différences individuelles existant entre les étudiants. Les responsables de la rénovation pédagogique en biologie discutent beaucoup de la mise au point de stratégies qui prennent en considération les différences individuelles des étudiants, que ce soit au niveau des intérêts, de la formation antérieure et de la personnalité, afin de leur permettre de travailler à leur rythme propre. D'autres facteurs ont joué un rôle dans la diffusion de ce type d'enseignement : le grand nombre d'inscriptions, la nécessité d'innover en matière de méthodes et de matériels pédagogiques. C'est Postlethwait (1971) qui a effectué un travail de pionnier à l'Université de Purdue et qui donna l'impulsion nécessaire à l'emploi d'une " approche audio-tutorielle " et à tout le mouvement en faveur de l'enseignement individualisé. Kormondy (1971), alors directeur du CUEBS, fit clairement savoir dans la préface de son article *Modules. L'utilisation des modules dans l'enseignement de la biologie en faculté,* qu'on plaçait beaucoup d'espoir dans ce type d'instruction afin de trouver une solution à divers problèmes pédagogiques : " Je pense que les modules deviendront peut-être un outil pédagogique essentiel et cela à tous les niveaux ! Mais un outil est un outil, un objet, qui n'atteint le but qu'on lui a assigné que lorsqu'on l'utilise convenablement, c'est-à-dire que l'habileté de l'utilisateur est largement en cause. Il en est des modules comme des livres, des exercices de laboratoire, des films et de tous les autres auxiliaires d'enseignement ". Ces modules sont en fait des tranches de cours accompagnées d'instructions précises pour leur utilisation, et d'instruments pour l'évaluation. On leur reconnaît généralement les avantages suivants : ils prennent en considération les intérêts des étudiants puisqu'ils leur permettent un travail indépendant ; ils évitent des répétitions inutiles pour ceux qui ont déjà étudié certains domaines, et, au contraire, ils peuvent combler des lacunes des autres ; ils offrent une plus grande souplesse de l'enseignement en combinant différemment les modules ; leur révision est facile, puisqu'ils sont constitués de parties indépendantes de faible dimension ; puisque les modules sont préfabriqués, le professeur dispose de plus de temps pour travailler, pour établir des contacts personnels avec les étudiants et pour préparer d'autres modules ; il peut y avoir des échanges de modules entre les institutions, et avoir ainsi un pool important d'informations utilisables par de nombreux enseignants et de nombreuses écoles ; enfin les modules peuvent remplacer très avantageusement des cours.

Par contre, l'utilisation de ces modules dans une classe peut soulever des problèmes. Sur le plan pratique, on peut rencontrer deux types de difficultés : la première a trait au maintien de l'autodiscipline indispensable à un travail indépendant, la seconde concerne l'entretien et la surveillance du matériel.

Certains auteurs pensent que ces modules, conçus avant tout pour une instruction personnalisée, peuvent également servir dans un enseignement de groupe. Alors que cette solution s'avère satisfaisante dans certaines régions, ailleurs, elle peut être d'une application difficile, voire impossible, dans plusieurs régions du monde, où des facultés de petite taille ne pourraient pas organiser un système de contrôle automatisé aussi complexe.

Objectifs et évaluation

On recommande couramment de définir les objectifs de comportement avant la préparation aux examens. En déterminant le niveau minimal de performance au début du cours, on a une indication précieuse pour suivre le progrès des étudiants durant le déroulement de l'enseignement, et aussi pour la préparation aux examens. Il arrive souvent qu'on définisse les objectifs du cours au moment de la planification du cours, puis qu'on les perde de vue. Ces objectifs apparaissent de nouveau au moment des examens, car

les professeurs posent des questions sur ce qui leur paraît important (voir le chapitre " L'évolution des moyens et des critères utilisés pour contrôler les résultats des étudiants ").

Les examens portant sur les cours universitaires traduisent généralement la nature de ces cours, très chargés en connaissances et denses. Ces cours atteignent rarement le niveau élevé des diverses classifications des objectifs pédagogiques. La structure même de l'université est également un obstacle à l'amélioration des techniques d'évaluation et de planification. Des effectifs importants d'étudiants, le peu de temps libre des professeurs, l'impossibilité d'un contact personnel entre le corps enseignant et les étudiants, et les exigences administratives font du système de contrôle des connaissances une source de conflits, alors qu'il devrait fournir des informations précieuses sur les progrès des étudiants.

Des séminaires d'enseignants concernant ces problèmes d'évaluation et l'élaboration de publications renfermant des propositions et des exemples relatifs aux moyens d'évaluation, permettraient d'atténuer ces problèmes.

Les moyens

Les ouvrages universitaires sont, plus qu'à tout autre niveau de l'enseignement, des guides et des éléments déterminants de la nature et des caractéristiques des cours propédeutiques de biologie. Les manuels ont toujours été des indicateurs de l'approche pédagogique : certains ouvrages ont profondément influencé l'enseignement et témoignent des transformations de cet enseignement. Le passage d'une approche morphologique à une approche phylogénétique était fonction de la rédaction d'un ouvrage susceptible de transmettre cette nouvelle façon de voir à un public scolaire. Dans les pays en développement, l'influence des publications innovatrices est souvent retardée, surtout à cause des traductions nécessaires. Outre la nécessité de comprendre une langue étrangère afin de rester informé de l'évolution de la discipline, il existe d'autres problèmes liés à l'acquisition des ouvrages (moyens insuffisants, problèmes de communication, etc.). La publication de collections regroupant des unités qui abordent chacune un thème spécifique représente une étape et présente de nombreux avantages. Elles permettent beaucoup de souplesse dans les cours et une remise à jour fréquente, et elles sont d'un prix de revient réduit.

Comme dans les universités la préparation des ouvrages ne se fait pas de la même façon que dans l'enseignement secondaire (groupes interdisciplinaires se consacrant à l'élaboration de documents de lecture, de manuels de laboratoire, de travaux pratiques, de films, etc.), l'utilisation de collections d'ouvrages permettrait aux étudiants de prendre contact avec les idées présentées par différents auteurs. Le congrès d'Uppsala a suggéré l'élaboration d'un choix de textes représentant diverses options en matière de cours de biologie, accompagnés d'expériences illustrant les principes fondamentaux de la discipline, et pouvant être adaptés aux régions (voir le chapitre "La coopération régionale et internationale pour l'amélioration de l'enseignement de la biologie ").

Conclusion

L'examen de l'évolution qui a caractérisé l'élaboration des cours propédeutiques de biologie permet de dégager un certain nombre de conclusions.

Les variations des effectifs des étudiants et de la composition de leur population entraîneront un besoin accru de moyens plus nombreux et différents. Les innovations techniques permettront la production de films, de diapositives et de programmes individualisés d'enseignement adaptés aux personnalités et aux intérêts des étudiants.

D'autre part, on trouvera de plus en plus dans les cours propédeutiques de biologie les préoccupations des aspects sociaux de cette discipline, en même temps que les données indispensables sur les faits et les processus étudiés par la recherche.

Des modifications des institutions et des changements du système éducatif entraîneront des solutions nouvelles quant à l'organisation des classes, à de nouveaux enseignements et à l'intégration des cours de biologie. La diversification des carrières professionnelles et donc le plus grand nombre d'options rendront nécessaire la création de programmes différents au sein de l'enseignement propédeutique de la biologie.

Des recherches seront indispensables à l'élaboration de meilleurs cours et à l'amélioration de l'efficacité pédagogique dans le premier cycle universitaire. Un effort coopératif entre plusieurs universités et autres institutions permettra la production de cours et de matériels pédagogiques utilisables dans différents campus et établissements scolaires.

Bibliographie

AABE. *Proceedings of the Third Biennal Conference on School Biology*, 1970.

Anderson, E.J. Nonscience majors – another word. *Journal of College Science Teaching*, vol. 2, nº 5, 1974, p. 352.

Aronstein, L. W. ; Beam, K. J. Contemporary topics in science. *Journal of College Science Teaching*, vol. 2, nº 5, 1974, p. 355.

Bennet, R. M. Effects of previous high school programs on achievement. *Journal of College Science Teaching*, vol. 4, nº 4, 1975, p. 242-244.

Birnbaum, H. Japanese educational patterns in science and engineering. *Science*, vol. 181, 1973, p. 122-126.

BIOCO-TIE. Cooperative curriculum improvement program biology. *Science and mathematics curricula developments - Internationally 1956-1974*, 231.

BSCS. The impact of BSCS biology on college curricula. *Newsletter*, 42, 1971.
—. Minicourse – the style of the future. *BSCS Newsletter*, 52, septembre 1973, p. 10-12.
Catheral, Ed. Science education at Sussex University. *Journal of biological education*, vol. 5, nº 5, 1971, p. 154.
Crawford, E. ; Purcell, T. Simulation game on environmental concerns. *Journal of College Science Teaching*, vol. 4, nº 1, p. 41-44.
CUEBS. *Content of core curricula in biology*. Publication nº 18, p. 131, 1967.
—. *Modules – The use of modules in college biology teaching*. Publication nº 31, 1971.
—. *The laboratory : a place to investigate*. Publication nº 33, 1972.
—. *The context of biological education*. Publication nº 34, 1972, p. 10.
Dolphim, W. D. ; *et al.* The phase achievement system. *AIBS education review*, nº 2, 1973, p. 24-27.
Dowdeswell, W. H. The inter-university biology project. *Innovation in higher education*, p. 96-108. NFER Publishing Co., 1974.
— ; Potter, I. C., Ecology in the university first year. 1974. (Multigraphié).
— ; —. An approach to ecology teaching at the university level. *Journal of biological education*, vol. 8, nº 1, 1974, p. 46-51.
Ehrle, E. B. Project biotech : a modularized answer to a critical manpower question. *The use of modules in college biology teaching*, p. 34-44. CUEBS publication nº 31, 1971.
Fisher, K. M. Individualizing instruction with TV. *Journal of College Science Teaching*, vol. 4, nº 1, 1974, p. 27-30.
Gaddis, C. W. General biology audio-tutorial independent study. *Eighth international clearinghouse report*, p. 598-600, 1972.
Ganz, M. ; *et al.* Video-tutorial instruction : a multimedia approach to biology. *Journal of College Science Teaching*, vol. 3, nº 5, 1974, p. 371 et 372.
Geisert, Paul. Individualization of student rate, goals, and instructional methods for an introductory biology program. *Journal of College Science Teaching*, vol. 4, nº 2, 1974, p. 107-111.
Gray, R. ; Olson, J. J. Open laboratory in biology. *Journal of College Science Teaching*, vol. 4, nº 5, 1975, p. 332.
Howe, R. W. Centers for science education in colleges and universities, functions and designs. *The role of centers of science education*, p. 75-76. The Ohio State University, 1966.
Kelly, P. J. Evaluation studies of the Nuffield, A Level Biology Trials. 2. Evaluation of specific objectives. *Journal of biological education*, vol. 6, nº 1, 1972, p. 29-40.
Kirst, W. M. ; Walker, D. F. An analysis of curriculum policy making. Dans : Heath, D. C. (ed.) *Emerging issues in education*, p. 173, 1972.
Kurtz, E. Procedures used for constructing Individualized instruction based on behavioral objectives. In : *The use of modules in college biology teaching*, p. 53-54. CUEBS publication nº 31, 1971.
Moment, G. Broadening the base of biology courses and some caveats. *Journal of biological education*, vol. 9, nº 1, 1975, p. 3.
Moore, M. R. A survey of college biology departments regarding introductory course curricula and advanced placement practices. *Journal of research in science teaching*, vol. 3, nº 3, 1965, p. 235-245.
Norrel, S. A. Another attempt at objective evaluations. *AIBS education news*, vol. 1, nº 2, 1972, p. 1.
OEA. *Segunda Conferência Interamericana sobre la Enseñanza de Biologia*, Recomendaciones. 1973.
Parker, G. E. ; Mertens, T. R. Programmed instruction test performance and classroom discussion. *Journal of College Science Teaching*, vol. 4, nº 2, 1974, p. 103-106.
Praskash, V. Recent developments in the teaching of biological sciences in the University of Malaya. *Basic sciences in the South-East Asian universities*, a seminar report, p. 64-65. 1969.
Raw ; *et al.* What people eat ? *Journal of College Science Teaching*, vol. 4, nº 5, 1975, p. 177-179.
Rowe, M. B. Research on college science teaching. *Journal of College Science Teaching*, vol. 5, nº 1, 1975, p. 36.
Schaefer, G. Unit Bank Biology. *Eighth international clearinghouse report*, p. 326 et 327. 1972.
Stockdale, D. L. ; Wochok, Z. Training TA's to teach. *Journal of College Science Teaching*, vol. 3, nº 5, 1974, p. 345-349.
Trent, J. W. ; Cohen, A. M. Research on teaching in higher education. *Second handbook of research on teaching*, p. 997. Rand Mac Nally, 1975.
Tundisi, J. *Ecology teaching at the Universidade Federal de São Carlos*. 1975. (Multigraphié).
White, J. A. ; Stark, E. Contemporary science. *Journal of College Science Teaching*, vol. 3, nº 3, 1974, p. 228.
Young, B. *Study guide, biological science, Nuffield Advanced science*, p. 7. Penguin Books, 1970.
Young, D. P. Science and values belong together. *Journal of College Science Teaching*, vol. 4, nº 2, 1974, p. 111.

Contribution de la biologie à l'éducation scientifique du grand public et à son intérêt pour les sciences

Introduction

Il est tout d'abord important de reconnaître que le terme de "public" est vague et mal défini ; il désignera ici tous ceux qui ne sont pas des biologistes. Mais, une fois sortis de nos spécialités et de nos domaines d'intérêt, nous devenons tous des profanes ; plus on s'éloigne de sa spécialité de formation, plus les connaissances deviennent générales, c'est-à-dire qu'on fait de plus en plus partie du public. C'est un point qu'on oublie trop souvent : à partir d'une formation et d'une connaissance spécialisées on a tendance à s'attribuer une autorité injustifiée et à faire des généralisations trop superficielles à propos du travail et des attitudes des autres.

Étendue de l'intérêt du public

Le public, donc, est un terme extrêmement vague recouvrant des millions de personnes de tous âges, de tous niveaux d'éducation et ayant des aptitudes et des intérêts très divers. Certains de ses secteurs manifestent un vif intérêt pour la science soit en rapport avec leur profession, soit comme amateur. Il existe incontestablement une redondance importante entre les nombreuses organisations qui s'occupent de la nature et de l'environnement dans tous les pays, mais le nombre d'individus concernés est encore plus grand si l'on tient compte des groupes ayant des centres d'intérêt moins académiques ; on peut supposer par exemple que ceux qui s'occupent activement d'athlétisme, de jardinage, de pêche à la ligne portent un vif intérêt à un quelconque aspect des sciences biologiques. On peut obtenir ce type d'information à partir des sondages d'opinion ; une telle méthode peut permettre de déterminer la portée de l'intérêt du public, mais sa fidélité est souvent mise en doute. Dans certains pays en développement, on peut se faire une bonne idée des sentiments d'une communauté dans les bavardages de la place du marché. Il faudrait voir si des comportements révélateurs (comme par exemple l'adoption de nouvelles techniques agricoles, les déchets jetés ou non n'importe où) permettent aussi d'obtenir des informations.

Si la société comprend à la fois une minorité informée et organisée et, d'autre part, une majorité moins organisée, il est peut-être possible de joindre cette dernière plus directement par l'intermédiaire de ses intérêts sociaux ou récréatifs particuliers. Si on peut associer à cela une méthode du type "enseignant-collègue", les leaders de la minorité organisée pourraient servir à communiquer avec la majorité. La manière d'associer un programme particulier d'éducation médico-sociale à l'organisation d'une communauté existante a été décrite par Muslim (1975) en Asie du Sud-Est, tandis que Lee Joo Hyun *et al.* (1975) ont décrit le rôle des leaders d'opinion publique en République de Corée.

Bénéfices attendus de l'intérêt du public

Quels bénéfices peut-on tirer de cet intérêt du public ? Quelle valeur représente pour la société et les scientifiques le fait que le grand public manifeste un intérêt équilibré et bien fondé et de l'estime pour la science (en particulier pour la biologie) ?

On peut chercher la réponse à cette question tout d'abord dans le contexte de la société des pays développés orientée vers la science et la technologie et aux ressources limitées et ensuite dans l'importance des nombreuses innovations dans le domaine de l'agriculture et de la régulation des naissances pour les nombreuses communautés rurales du monde. Comme l'a fait remarquer Emmelin (1977), il est indispensable de connaître le fonctionnement de l'environnement pour faire face à la fois au développement technique et au sous-développement.

Dans ce chapitre, on ne séparera pas les sciences pures, les sciences appliquées et les sciences sociales, lorsqu'il s'agira de considérer les bénéfices attendus de cet intérêt du public ; la biologie joue, à de nombreux égards, le rôle d'un pont entre chacune des facettes et des formes

différentes de la science. Parmi les bénéfices attendus, on pourrait citer :

Faciliter pour ceux qui ont pouvoir de décision la détermination des priorités en matière de consommation dans une société aux ressources limitées ;

Améliorer la compréhension entre les dirigeants, les planificateurs et le public ;

Améliorer la compréhension et la coopération dans le domaine du diagnostic médical, des médecines curative, préventive et sociale ;

Améliorer la compréhension et la coopération entre l'industrie agricole et le public ;

Augmenter et développer la compréhension de ce que représentent la protection de l'environnement et l'aménagement du territoire ;

Accroître les possibilités de loisirs en faisant mieux comprendre les considérations esthétiques de l'environnement et de la nature.

Les bénéfices que cela représente pour la société en général sont évidents et se ramènent à "mieux informer les électeurs". Pour l'individu dans la société, les choses sont plus difficiles à cerner, mais il s'agit essentiellement de mieux faire comprendre et, partant, de diminuer l'insécurité et l'anxiété, d'améliorer la "qualité de la vie", de conférer un sentiment de participation, d'encourager la prise de décision personnelle de manière à étendre la liberté d'action. Pour le scientifique, c'est en dernier ressort la possibilité de continuer ses activités avec la compréhension et le soutien du public.

Éducation

La prise de conscience et la compréhension du public sont largement fondées sur l'information et l'éducation, et l'utilisation des affiches représente un bon moyen, à la fois puissant et peu coûteux, de faire passer l'information. Mais informer ne représente que la première étape de l'éducation. Il est important de voir à la fois les composantes formelles (c'est-à-dire l'école, la faculté et l'université), non formelles (organisées mais hors du système formel) et informelles (radio, journaux, etc.) de l'éducation scientifique quant à l'impact et à l'influence sur le public.

Education formelle

Pour ce qui est de la biologie, les niveaux formels de l'éducation du public varient considérablement, même à l'intérieur d'un même pays. Cette variation est due en partie à la structure de la population qui correspond à des tranches d'âge très différentes. Les connaissances que possède un groupe d'âge donné refléteront le contenu et les points forts des cours proposés pendant les années d'école correspondantes. Cette variation dépendra également des différents niveaux atteints par les catégories constituant le public dans le système éducatif.

Pour concevoir des programmes adaptés à ces divers niveaux, on doit tenir compte du stade de développement atteint par chaque groupe d'âge et des objectifs éducatifs qu'on s'est fixés.

En passant en revue toute une gamme de curriculums, il est possible d'en tirer une liste d'objectifs qui sont explicitement ou implicitement communs à la plupart, à savoir :

Susciter et soutenir l'intérêt au cours de l'apprentissage ainsi que le besoin de comprendre la cause des événements ;

Former aux savoir-faire et aux attitudes de la méthode scientifique ;

Transmettre la connaissance de faits ;

Faire acquérir des savoir-faire moteurs ;

Pousser les élèves à garder une composante scientifique dans leurs études supérieures ;

Stimuler l'application des principes et des savoir-faire de la science à des secteurs appropriés qui lui soient extérieurs ;

Favoriser la compréhension de la science dans la vie culturelle de l'individu et de la société et par là même promouvoir la destruction du système dit "des deux cultures" (fondées sur les humanités et sur les sciences) ;

Assurer la formation pour des carrières spécifiques en biologie.

Bien évidemment, ces buts et objectifs ne sont pas tous appropriés à chaque niveau de l'enseignement. Pour ce qui est de l'éducation du public, le souci essentiel devrait être le contenu du cours correspondant à la scolarité obligatoire puisque pour la majorité de la population cela représentera toute leur éducation formelle en biologie (et probablement en science). Même s'ils représentent une proportion plus faible de la population, mais parce qu'en revanche ils occupent des positions clés dans la société, il faut porter une attention particulière aux secteurs universitaires dont les buts, les intérêts et les carrières sont étrangers à la biologie, mais qui peuvent étudier la discipline à un niveau secondaire ou subsidiaire (le "cours de service" pour les étudiants non biologistes est souvent méprisé). En prenant ces deux niveaux comme exemples et en les regardant seulement du point de vue de l'éducation du grand public, il est utile de chercher ce qu'on peut inclure à ces niveaux lors de la conception du programme, en gardant à l'esprit les six points forts énoncés plus haut et la nécessité de jeter les bases de la composante informelle de l'éducation dont il sera question plus loin.

Le tableau 1 présente quelques idées à discuter, il ne s'agit pas de donner un curriculum modèle mais d'indiquer les domaines liés à des aspects sociaux importants. Il ne faut pas à partir d'un tel document se fixer des objectifs irréalistes. Il est clair qu'il faut appliquer une grande latitude de choix et il y a largement place pour les différences d'opinion et d'intérêts.

Education non formelle et informelle

En dépit de grands efforts dans les pays en développement, il y a jusqu'à 50 % des enfants et des adultes qui n'atteindront pas dans certains pays le niveau minimal de l'éduca-

Tableau 1. Programmes de biologie

Thème	*Pourcentage du temps*
A. *Programme minimal pour les élèves quittant l'école au niveau le plus bas*	
Origine de la planète et de la vie sur la terre. La variété de la vie, sa nature, son extension et son évolution. Morphologie animale et végétale. L'évolution des Primates et de l'homme en particulier. Echelle de temps	20
Structure du corps humain et fonction. Reproduction, développement, croissance et sénescence. Les lois du comportement	20
Les types d'hommes ; variétés de l'animal humain. Génétique et génétique humaine. Facteurs héréditaires et facteurs de milieu ; leurs interactions	10
Le concept d'écosystème ; l'évolution des écosystèmes. L'évolution de l'humanité ; chasse, cueillette, agriculture, phase industrielle. Gestion des écosystèmes au XXe siècle. Le " vaisseau de l'espace " terre	25
Biologie des populations ; croissance des populations. Médecine sociale, son développement et ses implications	10
Biologie contemporaine : problèmes actuels et problèmes prévisibles pour l'avenir concernant l'agriculture, les pêches et la médecine. Le rôle du scientifique (en utilisant des exemples spécifiques). Sciences pures, appliquées et sociales. L'éducation permanente en science	15
B. *Cours minimal (un semestre) au niveau universitaire (1er cycle). Pas de connaissances antérieures autres que celles donnés en A*	
L'espèce humaine et sa culture, son évolution et sa diversité. Les lois de Mendel et l'homme. Différences entre les races et entre les sexes	20
Reproduction humaine, croissance et développement, facteurs contrôlant et limitant les populations. Santé et maladie, biologie des principales maladies et anomalies (physiques et mentales). Médecine préventive et curative. Alimentation et nutrition. Parasites. Comportement humain et santé mentale.	30
Histoire de la terre. Cycles géochimiques. Ensembles des sources d'énergie. Ecosystèmes du monde ; leurs relations avec l'homme. Biologie des ressources (agriculture, pêches, forêts). Cultures et leur amélioration. Organismes nuisibles et maladies	25
Organisations nationales et internationales et leurs programmes (par exemple, Unesco, FAO, Conseil international pour l'exploitation de la mer, Commission internationale des pêches pour l'Atlantique nord, etc.). Les travaux des organisations internationales (par exemple, comités de recherche, de protection de la nature, utiliser des exemples bien précis)	10
Le financement de la science : les coûts et bénéfices de la recherche scientifique ; les échelles de temps qu'elle implique (utiliser des exemples bien précis)	15

tion formelle, soit parce qu'ils n'ont pu y avoir accès ou en ont été écartés, soit parce que cette possibilité n'existe pas. Une limitation moins grave mais analogue existe également dans beaucoup de pays développés occidentaux. Il semble donc que dans la plupart des pays, ce sont plutôt les types d'éducation non formels ou informels qui feront saisir l'influence et l'impact de la biologie, plutôt que l'enseignement formel. A ce point de vue, pays développés et pays en développement présentent des analogies frappantes.

Les composantes non formelles et informelles de l'éducation seront des forces efficaces qui agiront d'abord en parallèle avec la composante formelle, puis qui lui succéderont. Dans une grande mesure, il résultera de l'interaction des individus et de ces composantes une grande variété de réponses, mais cela est vrai aussi au niveau formel de l'éducation ; cela ne doit pas empêcher tout au moins un examen superficiel des moyens de propagation de ces composantes de l'éducation et de certaines de ses conséquences probables.

Voici la liste de quelques-uns des moyens de propagation de l'éducation non formelle et informelle : émission de radio et télévision, livres, réunions publiques et conférences, journaux, articles de revues générales et publicités ; revues spécialisées, films ; jardins zoologiques ; jardins botaniques ; musées ; sentiers de nature et parcs forestiers ; centres d'information pour les touristes.

Il est difficile de les placer par ordre d'importance, mais certains ont une influence assez évidente et une portée suffisante pour être l'objet d'une attention particulière. Beaucoup demandent une société cultivée et relativement riche pour être efficaces. Il faut considérer les émissions, que ce soit de radio ou de télévision, comme l'un des moyens les plus puissants d'éducation informelle ; elles ont l'avantage de ne pas dépendre du degré d'alphabétisation de l'audience. La radio, tout au moins, est relativement bon marché et beaucoup de gens y ont accès même si plusieurs personnes se partagent le récepteur. Dans les sociétés plus favorisées, la télévision a incontestablement l'influence prédominante, la couleur représentant un apport particulièrement appréciable. Sweeney (1971) arrive à la conclusion que la combinaison du son et de l'image présente un effet maximal pour la transmission des conseils sur la régulation des naissances. L'évaluation de l'impact des émissions constitue maintenant une activité courante et bien établie dans la recherche sur le public faite par les autorités responsables des émissions. Les programmes biologiques sont sans aucun doute très populaires, particulièrement ceux qui portent sur la faune sauvage et ceux qui concernent la physiologie humaine et le comportement de l'homme. Un certain nombre de publications de recherche de la BBC sur l'audience de la télévision fournissent des exemples intéressants. Les études sont faites par questionnaires et interviews en prenant soin d'avoir un échantillon valable en ce qui concerne le sexe, l'âge, le groupe socio-économique, le groupe d'intérêt professionnel, etc. Les indices de réaction sont obtenus pour des programmes entiers, des parties de programme ou des sujets de programme. On mesure également les attitudes des spectateurs et leurs connaissances avant et après l'émission. Une étude a trait aux programmes "questions médicales" diffusés en 1960. Ils traitaient de sujets tels que l'immunisation et la thrombose coronaire et 8 % environ de la population britannique (3 750 000 personnes) les ont regardés. Les citations suivantes extraites du rapport donnent de précieuses indications sur les réactions des spectateurs profanes.

Immunisation. Les spectateurs ont pensé que le programme avait eu une grande valeur de propagande. Plusieurs spectateurs ont émis l'idée que l'immunisation devrait être obligatoire. On semblait réellement satisfait de tous les médecins qui avaient parlé.

Thrombose coronaire. Ils ont estimé que le programme contenait beaucoup d'informations utiles, qu'il était facile à comprendre et assez rassurant. Une petite minorité a critiqué la nature déprimante et perturbante du programme.

Les maladies invalidantes. La plupart des spectateurs ont trouvé que le sujet avait été abordé d'une façon équilibrée, raisonnable et jamais de façon effrayante ; une minorité a soutenu que les documents n'étaient pas adaptés, qu'il n'était pas souhaitable que l'émission soit vue par tout le monde et qu'elle pouvait favoriser l'hypochondrie. Quelques-uns l'ont considérée comme profondément déprimante et apportant peu de réconfort aux personnes atteintes.

Vivre plus longtemps. La plupart des téléspectateurs ont mis l'accent sur le caractère intéressant du programme ; un petit nombre l'a qualifié de très ennuyeux.

Les réactions des praticiens qui faisaient partie de l'échantillon de spectateurs étaient largement en accord avec celles des profanes. Les citations suivantes apportent quelques compléments.

Points de vue des médecins sur l'usage de la télévision pour des sujets médicaux : 83 % ont été favorables à de tels programmes, le reste hostile. La minorité a estimé que les dangers l'emportaient sur les avantages possibles. L'éducation devrait avoir le pas sur la distraction ; il faudrait faire très attention de ne pas engendrer la peur ou l'anxiété. De tels programmes devraient être réalisés avec prudence et responsabilité, en liaison étroite avec le corps médical.

Voici le résumé des conclusions du rapport : le programme semble avoir eu pour effet d'augmenter considérablement le nombre des gens qui déclarent se préoccuper de la thrombose coronaire (de 18 à 28 %) mais il n'a pas augmenté la proportion de ceux que ces questions préoccupent vraiment beaucoup. Dans l'ensemble, le programme tend aussi à augmenter le nombre des gens qui se soucient de vivre plus vieux, du bien-être de leurs parents plus âgés, du surmenage, de la maladie et de l'incapacité physique, et particulièrement le nombre de ceux qui se tracassent au sujet de la maladie et à propos du bien-être de leurs parents plus âgés, mais de nouveau on ne note pas d'augmentation de la proportion de ceux qui en sont très préoccupés.

Il est manifeste que le programme accroît considérablement les connaissances des spectateurs sur la thrombose coronaire, bien qu'il reste beaucoup de points ignorés. Le programme n'a pas modifié grand-chose aux attitudes des spectateurs vis-à-vis des omnipraticiens et à l'égard du progrès de la science médicale. Des indices font croire à une confiance plutôt accrue dans les omnipraticiens et à une meilleure conscience des progrès que la science médicale doit encore réaliser. Le programme ne semble pas avoir changé grand-chose à l'incidence de la peur de l'hypochondrie.

Un autre programme concernant la biologie humaine (diffusé par la BBC dans la série " Horizon " en juillet 1972) pouvait être plus délicat : il avait pour titre *Le sexe peut être un problème* et traitait de difficultés comme la frigidité et l'impuissance. Le problème était abordé à partir de l'histoire d'un cas. L'audience atteignit 4,8 % de la population (2,4 millions de personnes). Le taux de la classe moyenne parmi les spectateurs était relativement élevé (peut-être 50 % des télespectateurs, alors que cette classe représente 33 % de la population totale). L'audience était dans l'ensemble d'âge moyen (60 % dans la tranche d'âge de 30 à 49 ans, très peu au-dessous de 15 ans et seulement 20 % au-dessus de 50 ans). Les citations suivantes extraites du compte rendu mettent en lumière une fois de plus le rôle de tels programmes dans l'éducation du public.

Le programme. Les recherches sur les effets des moyens de communication de masse montrent nettement qu'il faut rarement s'attendre que des programmes traitant de comportements figés et de sujets tabous – comme c'était le cas ici – produisent des changements d'attitude importants, car même le transfert de l'information peut être totalement bloqué par le scepticisme du spectateur.

Extraits du résumé. Dans l'ensemble, les spectateurs ont considéré le programme comme instructif, clair, de bon goût, et ne provoquant pas la gêne. Loin de persuader les spectateurs que les problèmes sexuels devaient être considérés comme susceptibles de traitement par le corps médical, le programme semble avoir eu l'effet inverse. Comme on y avait insisté sur le caractère inadéquat de la formation reçue par les médecins dans ce domaine, ce résultat n'est peut-être pas surprenant. En dépit du refus accru de consulter un médecin, beaucoup plus de spectateurs que de non-spectateurs étaient " absolument convaincus " que l'insuffisance sexuelle était curable. Le contraste entre l'accueil enthousiaste réservé au programme à la fois par les spectateurs et les non-spectateurs et les effets très limités sur les attitudes et les connaissances n'est pas exceptionnel.

Quant aux programmes ayant pour thème la nature, les citations suivantes de deux rapports illustrent bien l'usage et les limites des media en matière de protection de la nature.

" *Safari en Ethiopie* "

Qu'ils regardent fréquemment on non les émissions sur la nature, les spectateurs sont à une proportion écrasante en faveur de la protection et de la conservation de la nature, 84 % affirmant fortement qu'" il est très important que les animaux et les oiseaux rares soient protégés ". Néanmoins, la plupart – 63 % – soutiennent aussi l'idée à priori que " les êtres humains passent toujours d'abord ".

Les audiences comprenaient entre 6 et 7 millions de personnes (c'est-à-dire 12 à 14 % de la population âgée de 5 ans et plus) et tous les programmes avaient des indices de réaction élevés, compris entre 76 et 80.

L'étude des effets, bien qu'établie à partir des réponses d'un petit nombre de spectateurs et de non-spectateurs, a montré que le fait de regarder *Safari en Ethiopie* avait augmenté de façon significative les connaissances des spectateurs sur ce pays. L'augmentation n'est cependant pas énorme : les notes des spectateurs marquent une augmentation de 12 sur 30 à 17 sur 30. Les effets de la série sur la connaissance naturaliste des spectateurs et sur leurs atti-

tudes à l'égard de la nature étaient même en général plus faibles.

Une analyse (Rawson-Jones et Salkeld, 1972), réalisée en Afrique au sud du Sahara, traite de l'influence des media, et tout particulièrement de la radio, sur l'information concernant la planification des naissances. Si elle montre d'autres aspects de l'utilisation et des limites de cette forme d'éducation, les données suivantes tirées des tableaux de cette enquête, montre le quadrillage très efficace de l'Afrique par la radio :

Normes concernant l'équipement minimal pour 1 000 habitants	*Nombres réels/1 000 habitants pour l'Afrique (1970)*
100 exemplaires d'un quotidien	10,4 exemplaires
20 places de cinéma	18,0 places
50 appareils de radio	55,7 appareils
20 appareils de télévision	1,8 appareils de télévision

Non seulement le pays est bien pourvu, mais on dispose de beaucoup d'information sur les caractéristiques et les réactions de l'auditoire. Deux enquêtes paraissent particulièrement intéressantes ; la première concerne l'auditoire des émissions de télévision et de radio du Kenya : elle montre que les possesseurs d'appareils de radio et les auditeurs sont surtout des hommes entre 20 et 40 ans, d'un niveau de scolarisation supérieur à la moyenne et vivant dans les villes.

La seconde enquête au Nigéria donne des informations sur la confiance accordée aux media :

	Tout à fait dignes de foi (%)	*Dignes de foi (%)*	*Non dignes de foi (%)*
Télévision	71,7	21,7	4,7
Radio	69,2	18,5	6,2
Revues	66,2	24,3	8,1
Journaux	59,6	24,4	16,2
Affiches, etc.	60,0	10,0	30,0
Cinéma	36,4	21,2	39,4

Il est clair que lorsqu'on veut faire passer des informations sur lesquelles devra reposer un programme de planification des naissances, il faut tenir compte de telles données. Un article de Riitho (cité par Rowson-Jones et Salkeld, 1972) fournit un ensemble de scripts types : ceux-ci sont souvent courts, conçus pour des programmes ou des spots de publicité de 10 secondes à 10 minutes, voici quelques exemples :

Botswana
Auditoire : Mères de jeunes enfants.
Temps : 30 secondes.
L'homme : Madame, dites-moi pourquoi votre bébé a l'air en aussi bonne santé ? Que lui donnez-vous à manger ?
La femme : Des aliments nourrissants, de bons soins.
L'homme : Comment faites-vous pour prodiguer tant de soins à un seul enfant ?
La femme : Nous avons été au centre de planning familial. Ils aident les gens à avoir des bébés quand ils les désirent. Pourquoi n'y emmenez-vous pas votre femme ?
L'homme : Nous irons demain. Merci.

Maurice
Auditoire : Parents parlant hindi.
Temps : 10 secondes.
Le speaker : 2 ou 3 enfants c'est assez.
Si vous avez moins d'enfants vous pouvez les faire vivre. Vous pouvez les nourrir et les habiller convenablement. Faites comme vous voulez, leur avenir sera heureux.

Nigéria
Auditoire : Familles à faibles revenus.
Temps : 30 secondes
Première femme : Bonnes nouvelles ! bonnes nouvelles !
Deuxième femme : Bonnes nouvelles sur quoi ?
Première femme : Sur le planning familial.
Deuxième femme : Qu'est-ce que le planning familial ?
Première femme : Le planning familial vous aide à avoir un bébé quand vous le désirez. Il aidera votre mari à faire des économies et peut-être à améliorer l'éducation de vos enfants.
Deuxième femme : Où peut-on en savoir davantage sur le planning familial ?
Première femme : Il y a des dispensaires dans tout le pays et dans les hôpitaux du gouvernement et des missionnaires. Le planning familial m'a aidée à avoir des enfants sains et forts.

On considère aussi généralement que les livres médicaux populaires (comme ceux du D[r] Spock) ont une grande influence mais, cette fois encore, il n'y a pas semble-t-il d'informations quantitatives disponibles.

Les données sur l'impact de la plupart des autres formes d'éducation informelle sont au moins aussi difficiles à obtenir et l'on en est réduit à la conjecture et la spéculation. D'après celles qui concernent la BBC, on voit que bien que le processus d'éducation ne puisse probablement se mettre en route sans que l'attention et l'intérêt ne soient captivés tout d'abord ; cet intérêt n'est que le premier pas du cheminement et ne garantit pas une mémorisation de l'information ou un changement d'attitudes. Il n'y en a peut-être pas de meilleur exemple que l'effort d'éducation soutenu par le gouvernement aux Etats-Unis et ailleurs pour diminuer la consommation de cigarettes. Il n'est pas possible pratiquement d'envisager en détail toutes les formes d'éducation informelle, mais même une enquête superficielle de chacune d'elles conduit à la conclusion que dans un pays ayant une économie avancée comme celle qu'on trouve au Royaume-Uni, on ne manque pas de documentation disponible. Les problèmes surgissent quand il faut confronter cela avec les occasions et la volonté du public de recevoir et d'assimiler cette information. Même les programmes établis avec le plus de soin semblent avoir des effets de courte durée et il faudra à l'avenir porter plus d'attention aux problèmes de la réceptivité, de la mémoire et de l'application du public.

Science et société

La science ne présente pas une façade uniforme au public. La science appliquée est facilement comprise mais souvent mise en doute et étiquetée comme polluante. La science pure est beaucoup moins bien comprise et de temps en temps (par exemple à propos des expériences sur les animaux vivants) elle reçoit sa part de réprobation. Les chercheurs dans le passé n'ont pas compris tout de suite qu'il était de leur devoir d'informer le public et qu'il leur fallait

acquérir les techniques nécessaires pour faire passer cette information. L'inévitable confusion dans l'esprit du public l'empêche de progresser vers la compréhension de nombreux problèmes importants du point de vue social. Il est difficile d'établir une liste de ces problèmes valables pour toutes les sociétés, mais certains parmi les plus importants sont communs à de nombreux pays : aspects de médecine sociale et préventive (par exemple usage de l'alcool, du tabac, d'autres drogues) ; l'âge, l'infirmité et les problèmes des handicapés : techniques chirurgicales nouvelles et avancées ; problèmes sexuels ; eugénisme ; régulation de la population ; compréhension entre les races ; le rôle des femmes et des enfants ; utilisation des terres ; approvisionnement alimentaire ; agriculture intensive et agro-industries ; pollution ; possibilités d'éducation ; la publicité et son influence sur les attitudes et les opinions du public ; les plans de construction de logements ; l'utilisation des loisirs.

A l'échelle mondiale, les contributions de la biologie à l'éducation du public se sont primitivement limitées à deux voies.

Dans les pays où le pourcentage de lettrés est élevé, la disponibilité de l'information et l'accès à cette dernière sont rarement des facteurs limitants mais ce peut être la réceptivité, la mémoire et l'application.

Une partie seulement de la population semble réceptive (avec un écart important en faveur de la classe moyenne) tandis que le niveau de mémorisation reste faible et les attitudes du public résistantes au changement.

Dans les pays où l'analphabétisme subsiste, le problème de l'accès à l'information vient se superposer à tous ceux qui résultent du fait que l'information n'est pas disponible.

Dans les deux cas, le résultat est une compréhension très limitée de la science et des scientifiques par le grand public au point que l'efficacité de la politique scientifique ne peut manquer d'être restreinte et dans certains domaines (comme les utilisations de l'énergie, l'aménagement de l'environnement, les aspects de santé individuelle et publique) de telles limitations peuvent avoir des conséquences importantes et coûteuses.

Dans les cas où les niveaux d'éducation formelle en biologie sont insuffisants pour permettre au public de comprendre pleinement les principes et les pratiques de la science, les méthodes efficaces d'éducation non formelle et informelle prennent une importance accrue. Pour le moment, l'efficacité de telles méthodes est incertaine. Sandman (1974) et Linke, cités par Emmelin (1977) arrivent tous deux à la même conclusion : l'efficacité des media en matière d'éducation est très limitée, cela est dû, entre autres choses, au caractère superficiel de la méthode, à la nature émotionnelle du message et, dans certains cas, au fait qu'on associe à ce dernier de la publicité pour des produits (ce qui peut apparaître à certains égards comme anti-social).

L'approche passive associée dans les pays occidentaux à un élément de distraction très fort n'est pas suffisante pour que le public soit capable de retenir et d'appliquer l'information. Il faut imaginer d'autres méthodes plus actives avec une participation accrue du public. Une telle participation du public pourrait prendre plusieurs formes. L'une pourrait être l'engagement de groupes de gens dans la réalisation en commun d'un projet, les projets étant choisis pour répondre à un besoin ou un intérêt particulier (par exemple, un projet de conservation de la nature, un projet de production de protéine, un projet de planning familial). Une autre approche pourrait consister à prolonger les programmes des émissions par des conférences sur place, des excursions et des lectures plus approfondies. Pour poursuivre une politique de participation, il serait nécessaire de surmonter les problèmes formidables concernant l'acceptation de la part du public. Il faudrait créer une profession, celle du "professeur de communauté" (analogue sur plusieurs points avec celle de visiteur médical) responsable de l'éducation du public après l'âge légal de la scolarité obligatoire. Les membres de cette profession pourraient coopérer avec les journalistes scientifiques par exemple. Leur formation de base et leurs aptitudes seraient les mêmes que pour les professeurs appartenant au système traditionnel, mais il leur faudrait recevoir une formation particulière dans les techniques de communication de masse. Il faudrait disposer de banques de documentation nationales et régionales et établir un réseau administratif adéquat.

A un certain degré, l'*Open University*, au Royaume-Uni, les *radiophonic schools* en Amérique latine et l'*University without walls* aux Etats-Unis, préfigurent de telles réalisations. C'est un dessein à long terme qui exige de grandes dépenses d'énergie humaine et qui ne sera pas bon marché à mettre en œuvre. Mais il ne semble pas qu'on puisse échapper à la conclusion que la curiosité et l'engagement individuels sont sans doute la méthode la plus efficace à long terme pour promouvoir l'éducation du public. Une fois encore, les organisations de planning familial ont montré la voie, et la notion d'agents bien formés travaillant sur le terrain reste la cheville ouvrière de nombreux programmes d'éducation communautaire ; une formation médiocre de tels agents conduit inévitablement à de mauvais résultats (voir par exemple Cernada, 1970). Le point essentiel est que, si les buts et le contenu de l'éducation ne correspondent pas à la situation économique et sociale des gens, le programme s'avérera tout à fait irréaliste et hors de propos.

Bibliographie

Antiola, Soledad, L. 1972. Youth science activities in the Phillipines. *ICC Asian popular science journal.* 30 p.

Anon. 1960. *Matters of medecine.* London, British Broadcasting Corporation. 42 p. (VR/59/623.)

—. 1971. *National Angling survey, 1970.* London, Natural Environment Research Council. 20 p.

—. *1972. Viewer's reactions to 'Sex can be a problem', and its effects on their attitudes and knowledge.* London, British Broadcasting Corporation. 20 p. (VR/72/448.)

Anon. 1972. *Wildlife programmes on television. A general inquiry incorporating a research study to assist in the production of a television series 'Wildlife safari to Ethiopia', and to assess its effects.* London, British Broadcasting Corporation. 102 p. (VR/72/553).

—. 1974. *Who does what for Scotland's countryside.* Perth, Countryside Commission for Scotland. 10 p.

—. 1974. *Environmental education. A report by H. M. Inspectors of schools.* Edinburgh, Scottish Education Department : H.M. Stationery Office. 44 p.

—. 1974. *'Private lives', a pre-broadcast study.* London, British Broadcasting Corporation. 38 p. (VR/74/262).

ASE. 1969. Attitudes to science and scientists. *School science review,* vol. 174, p. 6-22.

Birch, Charles. 1972. Social responsibility in science. *Search,* vol. 3, n° 4.

Cernada, G. 1970. *Field worker attitude, knowledge and working procedure survey. Report of survey and research projects T-122, SR-23.* Taiwan Provincial Institute of Family Planning.

Coverdale, G. M. 1972. Biology and the peasant farmer. *J. Biol. Educ.,* vol. 7, p. 40-46.

Diamond, R. M. ; Benton, A. H. 1970. An experimental programmed laboratory for the non-major. *J. Biol. Educ.,* vol. 4, p. 111-114.

Emmelin, L. 1977. L'action d'éducation relative à l'environnement auprès des adultes. Dans : Aldrich, James (dir. publ.). *Tendances de l'éducation relative à l'environnement.* Paris, Unesco.

Frost, H. G. 1970. Science education for all? *Adult education* (London), vol. 43, n° 1, p. 22-30.

Gresswell, B. 1970. Science for all – a new look. *The school science review,* vol. 51, n° 176, p. 528-533.

Hart, John, 1972. Education in science. *Search,* vol. 3, n° 10, p. 362-366.

Hawkridge, D. G. 1970*a*. *The teaching of science to students at a distance.* Open University (Royaume-Uni). (Paper presented to the American Association for the Advancement of Science, 1970.)

—. 1970*b*. *Science for the thousands. The Open University of Great Britain.* Open University (Royaume-Uni). (Paper presented to the American Association for the Advancement of Science, 1970.)

Kyom, I. 1974. *New paths to learning.* New York, International Commission on the Development of Education.

Lambert, E. N. 1974. New directions in science education in the 70's. *J. Educ. Sci.* (Trinidad and Tobago), vol. 2, n° 1, p. 26-38.

Lawrence, S. G. 1971. Education in a threatened planet – the part that science teaching could play. *The school science review,* vol. 53, n° 183, p. 269-273.

MacKay, A. G. 1972. An experiment using television. *A science bulletin,* n° 18, p. 21-25.

Maloney, M. P. ; Ward, M. P. 1973. Ecology : Lets hear from the people. An objective scale for the measurement of ecological attitudes and knowledge. *Am. Psych.,* vol. 28, n° 7, p. 583-586.

Marans, R. W. 1972. *Youth and the environment. An evaluation of the 1971 Youth Conservation Corpos.* Michigan University. 280 p.

Meyer, G. R. 1970. Science by radio and television in a developing country – Mauritius, a case study. *The Australian science teachers journal,* vol. 16, n° 2, p. 21-27.

Muslim, F. 1975. *Community education programmes for family planning.* Kuala Lumpur, International Planned Parenthood Federation, East and South East Asia and Oceania Region.

Rainbridge, J. W. 1971. Science in primary schools. *The school science review,* vol. 53, n° 183, p. 274-283.

Ralph, M. J. 1962. Why teach biology. *Australian science teachers journal,* vol. 8, n° 1, p. 23-25.

Rawson-Jones, D. ; Salkeld, G. 1972. *Communicating family planning.* International Planned Parenthood Federation Publication. 195 p.

Rienow, R. 1969. *Man against his environment. A television series.* State University of New York & Ballantine Books.

Robertson, R. N. 1973. The future of science in universities and colleges of advanced education. *Search,* vol. 4, n° 6.

Rogers, E. M. 1973. *Communication strategies for family planning.* New York, The Free Press.

Sandman, P. M. 1974. Mass environmental education : can the media do the job? Dans : Swan, J. A. et Stapp, W. B. (dir. publ.). *Environmental education : Strategies toward a more livable future.* New York, Wiley.

Schramm, W. 1971. *Communication in family planning.* New York, Population Council. (Reports on population/Family planning, n° 7.)

Selmes, C. 1969. Attitudes to science and scientists. *The school science review,* vol. 51, n° 174, p. 7-22.

Stevens, R. A. 1970. *Les activités scientifiques extrascolaires pour jeunes gens.* Paris, Unesco. 139 p.

Sweeney, W. D. 1971. *Role of communications in family planning and population programmes. International Planned Parenthood Federation Workshop, Kuala Lumpur.*

Townsend, I. J. 1970. Science for the special child (n^{os} I et II). *The schools science review,* vol. 52, n° 181, p. 768-771.

Withrington, D. K. J. 1977. L'action d'éducation relative à l'environnement auprès de la jeunesse extrascolaire. Dans : Aldrich, James (dir. publ.). *Tendances de l'éducation relative à l'environnement.* Paris, Unesco.

Wyatt, H. V. 1973. Examining Examined. *Journal of biological education,* vol. 7, n° 4, p. 11-17.

Coopération régionale et internationale pour l'amélioration de l'enseignement de la biologie

Toute personne travaillant de nos jours dans le vaste domaine de l'enseignement de la biologie se rend compte du progrès obtenu partout dans le monde grâce à des formes variées de coopération. Cette dernière n'existe pas seulement entre enseignants et élèves, mais elle caractérise aussi les relations entre éducateurs, hommes de science, administrateurs, réalisateurs de nouveaux programmes scolaires, fournisseurs en équipement, responsables de l'évaluation des cours, de la planification des écoles, inspecteurs scientifiques, autorités gouvernementales, etc. En outre, il existe des activités très importantes par-delà les frontières politiques, sociales, culturelles, économiques, religieuses et géographiques, qui visent à une mise en commun des connaissances profitables à tous grâce à la coopération régionale et internationale. Les organismes responsables de cette dernière constituent un large éventail allant d'organisations aussi connues que l'Unesco à d'autres qui ne dépassent pas les limites de quelques districts scolaires. Mais elles ont toutes le même objectif général, celui d'améliorer l'enseignement de la biologie partout dans le monde.

Ce chapitre résume les tendances et les développements concernant cette coopération, en présentant quelques exemples particuliers parmi les très nombreuses activités se déroulant dans le monde. Celles-ci correspondent à des besoins que les organismes concernés essaient de satisfaire et suggèrent des recommandations pour les orientations futures. En ces temps de priorité à l'éducation, on pourrait citer des centaines d'exemples d'activités coopératives intéressant l'enseignement de la biologie. La première partie de ce chapitre mentionne seulement quelques organisations parmi les plus actives et certaines qui ont été signalées lors du congrès d'Uppsala.

Types d'organisations et d'activités de coopération

L'Unesco, institution de coopération

Parmi les organisations qui réalisent une coopération à l'échelle internationale, il faut signaler l'Unesco. Bien que son siège se trouve à Paris, elle anime dans le monde entier des activités régionales tendant à prêter assistance aux pays en développement qui peuvent alors coopérer avec d'autres pays ayant trouvé des solutions à des problèmes semblables.

L'Unesco a fait largement appel à la coopération de spécialistes concernés pour l'amélioration de l'enseignement de la biologie. Parmi les activités les plus démonstratives, on peut citer : la préparation du *Manuel de l'Unesco pour l'enseignement des sciences* et son édition révisée de 1974 ; les volumes des *Nouvelles tendances d'enseignement de la biologie* ; le Projet pilote de l'Unesco pour l'enseignement de la biologie en Afrique ; les séminaires, sessions de formation, congrès internationaux, régionaux et nationaux ; l'intervention d'experts sur le terrain ; les échanges de spécialistes ; les traductions et les publications spécialisées trop nombreuses pour être citées ici.

L'ICASE, organisation de coopération patronnée par l'Unesco

L'Unesco a contribué activement à la formation d'associations nationales d'enseignants scientifiques, comprenant des sections de biologistes. Ces associations furent les instruments de la formation d'un groupement international qui prit le nom d'International Council of Associations for Science Education (Fédération internationale des associations de professeurs de sciences) (ICASE). Sa réunion constitutive se tint à l'Université du Maryland, à la suite d'un congrès sur la formation des maîtres pour l'enseignement scientifique intégré auquel participèrent 235 personnes venant de 63 pays, pendant onze jours. Le programme de l'ICASE comprend la rédaction d'un *Manuel de l'Unesco pour l'enseignement des sciences*, qui viendrait compléter le livre de documentation déjà existant ; l'élaboration d'un *Annuaire international des associations d'enseignants scientifiques* ; un bulletin d'information trimestriel ; des conférences régionales ; un manuel sur les prescriptions de sécurité dans les laboratoires et enfin l'établissement d'un programme d'échanges d'enseignants. Le Royaume-Uni a accueilli, en décembre 1975, la seconde réunion de l'ICASE.

Celle-ci intervenait en même temps qu'une conférence de l'Unesco sur l'évaluation de l'enseignement scientifique intégré et la réunion annuelle de l'Association britannique de l'enseignement des sciences.

Les associations d'hommes de science

Les hommes de science ont toujours montré un profond intérêt pour un enseignement scientifique de qualité. Ils se réunissent au sein des organisations nationales ou internationales afin de mettre en commun les résultats de leurs dernières découvertes scientifiques, mais ils ont également des commissions d'enseignement dont le rôle est d'explorer l'innovation pédagogique. La commission qui a organisé et patronné le Congrès international d'enseignement de la biologie, en Suède, est la Commission d'enseignement de l'Union internationale des sciences biologiques (UISB) ; celle-ci est en effet très active et son action vise à atteindre un niveau élevé de l'enseignement de la biologie sur le plan scolaire et universitaire. Outre l'organisation de réunions comme le congrès d'Uppsala, la contribution de cette commission a été déterminante dans l'élaboration et la publication des volumes de la collection *Nouvelles tendances de l'enseignement de la biologie.* Cette commission édite également un bulletin d'information qui tâche de joindre le plus grand nombre de biologistes et d'enseignants de biologie, espérant ainsi faire parvenir dans les écoles certaines idées dignes d'être partagées et susceptibles de rendre service.

L'UISB est la section biologique du Conseil international des unions scientifiques (CIUS) qui a également une commission d'enseignement. Cette Commission d'enseignement des sciences du CIUS anime une grande variété d'activités de coopération et elle a participé au patronage de la réunion de l'ICASE. Elle organise des réunions internationales, des colloques, soutient des études appropriées et elle tend actuellement à s'intéresser à des activités d'éducation en matière d'environnement qui intéressent les enseignants de biologie dans le monde entier.

Il est important de signaler la tendance à l'association chez les scientifiques en vue de développer des programmes d'enseignement. En Amérique latine, on peut mentionner les groupes suivants : au Pérou, PRONAMEC (Programme national d'amélioration de l'enseignement des sciences) et IPEB (Institut pour l'avancement de l'enseignement de la biologie), au Brésil, IBECC (Institut brésilien pour l'éducation, la science et la culture), en Argentine, INEC (Institut national pour l'amélioration de l'enseignement des sciences), au Venezuela, IVIC (Institut vénézuélien de la recherche scientifique) et CENAMEC (Centre national pour l'amélioration de l'enseignement des sciences) et en Amérique centrale, GEMEC (Groupe d'étude pour l'amélioration de l'enseignement des sciences) qui comprend le Honduras, le Guatemala et les pays voisins.

Les associations d'enseignants

Outre leur collaboration à des organisations scientifiques comme le CIUS ou l'UISB, les biologistes se regroupent dans les nombreuses associations d'enseignants scientifiques, en particulier au niveau national. L'*Annuaire* de l'ICASE recense plus de 50 associations et plusieurs autres sont en cours de création. On note par ailleurs une nette tendance à la constitution d'associations régionales : l'Association asiatique de l'enseignement de la biologie (AABE) est un exemple, mais on trouve des organisations analogues en Afrique et dans les Caraïbes. Leurs réunions ont contribué à une meilleure communication entre les individus et de précieuses publications ont été réalisées. En Afrique, par exemple, l'Association ghanéenne a célébré ses vingt années d'existence, en novembre 1975, en présence des représentants de nombreuses associations d'enseignants dans le monde.

Tandis que certaines associations couvrent de larges domaines de l'enseignement des sciences, d'autres ne concernent que la biologie. Quelques-unes ont trait à deux disciplines, comme c'est le cas de l'Association française des professeurs de biologie et de géologie (APBG), ou de l'Association finnoise des enseignants de biologie et de géographie.

Les projets de mise au point de nouveaux programmes d'enseignement des sciences

Depuis 1956, on a enregistré chez les hommes de science, les enseignants scientifiques, les éducateurs et les inspecteurs, un vif désir de travailler en commun pour rénover les programmes d'enseignement. La biologie a reçu une attention particulière : ainsi, le neuvième rapport (1975) de l'International Clearinghouse fait ressortir qu'on trouve quelque 170 projets concernant la biologie parmi les projets de rénovation des programmes réalisés au cours des vingt dernières années. Outre les projets bien connus et profitant de ressources importantes comme le BSCS aux Etats-Unis, les projets Nuffield au Royaume-Uni et celui de l'Académie australienne des sciences (*Web of life*), d'autres ont fait également un excellent travail.

Ces activités ont le mérite de dépasser les frontières nationales, mais aussi de rapprocher les hommes et de mettre en commun les idées de bien des horizons du monde. Les adaptations qui furent faites et la réalisation du travail lui-même ont eu pour conséquence une coopération exemplaire à grande échelle. Les pays peuvent ainsi profiter, pour leurs propres projets, du travail déjà accompli et n'ont pas à "réinventer la roue" chaque fois qu'ils souhaitent mettre en œuvre de nouveaux curriculums. La liste de ces projets serait trop longue à énumérer ici (voir les rapports de l'International Clearinghouse).

Associations gouvernementales et semi-gouvernementales

Dans un certain nombre de pays, les ministères de l'éducation ont été conduits à prêter assistance à des associations d'enseignants et à coopérer avec elles. Ils ont fourni des moyens et ont suggéré aussi des idées qui ont apporté les changements nécessaires. Dans les pays d'Afrique et d'Asie,

on constate des efforts louables et une tendance analogue au Moyen-Orient.

Les gouvernements de pays comme le Royaume-Uni, les Etats-Unis d'Amérique se sont engagés dans des activités pédagogiques outre-mer soit directement, soit grâce à des associations semi-gouvernementales. Le British Council, avec des moyens du Ministère de la coopération (Ministry of Overseas Development), a organisé des séminaires pédagogiques d'une durée de une à quatre semaines sur divers aspects de l'enseignement primaire et secondaire y compris la formation des maîtres ; il a également assuré des missions de spécialistes et de consultants chargés de faire des conférences ou de diriger des colloques ; il a fourni le personnel et les fonds nécessaires à la mise au point de programmes scolaires au Kenya et aux Caraïbes ; il a permis la diffusion d'une information précieuse grâce au bulletin *Science education newsletter* (paraissant 3 fois par an) et à des bibliographies importantes sur les nouveaux programmes scientifiques ; il a accordé des bourses, des crédits d'assistance technique, des bourses d'études et de voyage pour l'enseignement des sciences et de la biologie en particulier.

La National Science Foundation (NSF), aux Etats-Unis, a soutenu activement la rénovation des programmes d'enseignement des sciences depuis 1956. Il s'est agi en particulier de projets importants comme le BSCS, dont les auteurs ont coopéré avec leurs collègues étrangers, grâce à des réunions d'enseignants organisées hors des Etats-Unis. La NSF a été à l'origine des activités de l'International Clearinghouse qui diffuse deux rapports par an et possède une collection complète des projets de rénovation des programmes, aussi bien en ce qui concerne les documents écrits que les équipements et les matériels, collection que quiconque peut consulter à l'Université du Maryland. On envisage la publication d'un bulletin d'information international à partir de l'International Clearinghouse, de manière à assurer une diffusion régulière de l'information dans ce domaine.

En Amérique latine, des activités importantes se déroulent dans beaucoup de pays, notamment en Argentine, au Brésil, en Colombie, au Chili et dans les Antilles. On traitera plus loin des centres et des projets régionaux. Le Canada et les pays scandinaves ont également organisé des programmes de coopération, tandis que l'Institut français de recherche pédagogique (INRP) agit dans la même direction, en particulier avec plusieurs pays européens et africains (recherche pédagogique et recyclage des maîtres).

Organisations bilatérales

Il s'agit d'organisations gouvernementales dont l'action se situe hors du pays auquel elles appartiennent. Des organisations européennes ont été très actives dans ce domaine notamment en fournissant une aide matérielle aux pays en développement, en organisant des échanges d'étudiants et d'enseignants ainsi que des programmes de formation.

On pourrait citer, à titre d'exemple, l'un des projets d'enseignement de l'Agence pour le développement international (USAID) qui intéressa quelque 70 groupes dans plusieurs pays et qui, à l'issue d'une activité coopérative de quatre années, a eu pour résultat la publication de 3 volumes sur la *Création d'équipement pour l'enseignement des sciences : biologie, chimie, physique.* Ces volumes sont disponibles en anglais auprès du Centre de l'Université du Maryland et ils le seront en espagnol auprès d'une institution mexicaine. Les bourses et les échanges Fulbright représentent également un programme de coopération bilatérale active. Des dispositions analogues existent dans d'autres pays.

Fondations

Dans de nombreux pays, il existe une fondation privée qui s'est intéressée à l'amélioration de l'enseignement des sciences et qui a utilisé des formes de coopération efficaces. C'est le cas assez classique de Nuffield, mais aussi des fondations Ford, Rockefeller, Sony, Volkswagen, des fondations asiatique et suédoise, qui apportèrent à l'enseignement des sciences un soutien important. D'autres fondations moins en vue mais efficaces ont connu un grand succès dans leurs activités de rénovation des programmes, de l'éducation de masse, d'aide audio-visuelle, de services bibliographiques, de consultation et de formation, centrées essentiellement sur la biologie et l'agriculture.

Universités

Un grand nombre d'universités et de facultés sont de plus en plus engagées dans des activités de coopération internationale. Elles produisent des programmes, assistent les activités de rénovation pédagogique, favorisent les échanges d'enseignants, établissent des centres de documentation, servent de lieux de réunion et, d'une manière plus générale, encouragent leur corps enseignant à s'intéresser aux projets d'amélioration de l'enseignement à tous les niveaux.

Centres d'enseignement des sciences

Ces centres représentent un progrès important dans les activités d'enseignement des sciences et ils devraient se traduire par un effort de coopération accru. Bien que leurs activités soient assez variables, ils présentent certains traits communs : la plupart ont des relations directes avec une université ou une faculté, interviennent dans la formation des enseignants avant leur recrutement et pour leur recyclage ; ils ont des laboratoires pour les travaux pratiques et de démonstration ; ils fournissent des services de consultation aux organisations intéressées ; ils sont concernés par les opérations de rénovation pédagogique ; ils ont des moyens audio-visuels, réalisent des études sur l'équipement de laboratoire et sur les moyens de nature commerciale ou autre ; beaucoup de ces centres ont des activités coopératives en cours, dont il reste à évaluer l'efficacité et qu'il convient d'accroître.

On peut citer, à titre d'exemples, les centres du Brésil, des Etats-Unis, de l'Inde, d'Israël, du Japon, des Philippines, du Royaume-Uni, de Singapour et de Thaïlande. Certains de ces centres ont une orientation régionale : c'est le cas

du Centre régional pour l'éducation et les mathématiques (RECSAM), en Malaisie, patronné par le SEAMEO (Organisation des ministères de l'éducation de l'Asie du Sud-Est) et du Centre asiatique pour l'innovation éducative en vue du développement (ACEID). On a affaire là à une forme avancée de coopération présentant des considérations multi-nationales, qui permet de susciter un progrès rapide et de mettre en application d'excellentes techniques d'enseignement de la biologie.

Organisations régionales

Un bon exemple est celui du RECSAM qui est patronné par l'Organisation des ministères de l'éducation de l'Asie du Sud-Est. Celle-ci a identifié un certain nombre de domaines très importants en matière d'enseignement, où il paraît souhaitable et urgent d'apporter des réformes. Il y a d'autres exemples : ceux de l'Association des enseignants scientifiques d'Afrique occidentale (WAAST), de l'Association asiatique de l'enseignement de la biologie (AABE), de l'Association des enseignants scientifiques de l'Asie du Sud-Est et de l'Association des biologistes de la Communauté européenne (ECBA). Leurs activités représentent en quelque sorte, une version plus étendue des associations scientifiques nationales.

En Afrique occidentale, la Gambie, le Ghana, le Nigéria et la Sierra Leone participent, grâce au Conseil ouest-africain des examens, à l'évaluation des cours de biologie pour lesquels ils appliquent un programme commun. Dans cette même région du monde, la SEPA (Programme d'enseignement des sciences en Afrique) intervient aussi dans l'enseignement scientifique, notamment pour la rénovation des programmes.

Au Moyen-Orient, l'Organisation des Etats arabes pour l'éducation, la culture et la science (ALECSO) joue un rôle important et elle peut être considérée comme une Unesco à l'échelle régionale. Elle a pour but, en partie, d'établir des centres d'enseignement des sciences et d'élaborer de nouveaux curriculums. Il convient de signaler à propos de cette coopération au Moyen-Orient, l'assistance prêtée par l'Egypte aux autres pays arabes par 15 000 de ses enseignants. L'Arabie saoudite, en particulier, profite très largement de cette forme de coopération.

Plusieurs associations nationales d'enseignants tiennent des réunions régionales. C'est le cas de l'Association britannique pour l'enseignement des sciences ainsi que de deux associations américaines, l'Association nationale des enseignants de biologie (NABT) et l'Association nationale des enseignants scientifiques (NSTA). En Amérique latine, plusieurs d'entre elles jouent un rôle important au niveau régional : c'est le cas des organismes déjà cités, PRONAMEC et IPEB au Pérou, IBECC au Brésil (qui a des liens de coopération avec six centres de formation des enseignants scientifiques à São Paulo, Rio de Janeiro, Recife, Salvador, Belo Horizonte et Porto Alegre), IVIC et CENAMEC au Venezuela, CEMEC en Amérique centrale. Tandis que le traité Bello intéresse les pays du Pacte andin, Bolivie, Chili, Colombie, Equateur, Pérou et Venezuela, les nombreux programmes de l'Organisation des Etats américains (OAS) se déroulent sur l'ensemble du continent et sont bien connus des Etats membres.

Groupes internationaux

Sur le plan très général de l'enseignement, le Conseil mondial de la profession enseignante (WCOTP) pourrait être cité, tandis que l'Association du Commonwealth des enseignants de sciences et de mathématiques (CASME) a une orientation plus spécifique et concerne surtout les pays du Commonwealth. Les deux groupes produisent des publications et organisent des congrès pour susciter des rencontres fructueuses.

Un autre type de coopération internationale concernant les systèmes d'examen en sciences et en mathématiques dans de nombreux pays a eu pour instrument l'Association internationale pour l'évaluation des résultats de l'enseignement ; cette étude de référence a donné aux pays participants l'occasion de comparer la formation des étudiants au sein des différents systèmes. Même si l'on peut contester certains aspects des procédés d'examen employés, l'esprit de coopération qui a régné à cette occasion devrait encourager à l'avenir des opérations analogues.

L'Association internationale des responsables éducateurs des parcs zoologiques a été constituée en 1974 à Copenhague, après que des réunions se sont tenues en 1969 et 1971 pour examiner les possibilités de coopération.

Recommandations en vue d'améliorer l'enseignement de la biologie par la coopération régionale et internationale

Réseau de diffusion

Un tel réseau devrait être établi en vue :

D'encourager les échanges d'informations, d'idées et d'expériences (en particulier à propos des nouvelles méthodes d'enseignement, de l'emploi des êtres vivants en classe, de l'élaboration de curriculums adaptés aux besoins des sociétés, de l'évaluation, etc.) entre les personnes et les institutions s'intéressant à l'enseignement de la biologie ;

De mettre en rapport ces personnes ou ces institutions pour réaliser des échanges de services (méthodes, équipements, surtout ceux qui sont d'un faible coût, fonds, etc.) nécessaires aux uns et pouvant être fournis par d'autres ;

De sensibiliser les commissions nationales pour l'Unesco à cet effort de coopération et de les informer du rôle des programmes de participation ;

D'améliorer la diffusion des publications de l'Unesco par l'intermédiaire des circuits appropriés, tels que les centres d'enseignement scientifique, les associations nationales d'enseignants et leurs périodiques.

Publications

1. L'Unesco devra compléter et étendre le regroupement des références bibliographiques annotées portant sur tous les aspects de l'enseignement de la biologie ; cette bibliographie sera diffusée à travers le réseau proposé.
2. L'Unesco devra soutenir la publication et la diffusion sur le plan international d'études de cas et de rapports fondés sur des expériences concrètes. Ces publications doivent également emprunter le réseau de diffusion proposé.
3. Il faudra aider des projets qui tâchent d'incorporer dans chaque pays les découvertes de la recherche pédagogique et biologique au système d'enseignement scolaire de la biologie.
4. Il faut créer et soutenir des périodiques régionaux permettant la publication des investigations faites par les élèves et les enseignants.
5. En raison des besoins importants en programmes et en outils pédagogiques adaptés aux réalités locales et nationales, des livres du maître ou des ouvrages de documentation devront être réalisés au niveau régional en vue de mettre l'accent sur les techniques d'innovation, la méthodologie de l'enseignement et son usage, compte tenu des besoins locaux, d'accorder plus d'importance aux ressources locales et à leur emploi judicieux, à la fabrication et à la production d'équipements et d'instruments audio-visuels peu coûteux mais efficaces ; de tels ouvrages compléteront la nouvelle édition du *Livre de l'Unesco sur l'enseignement des sciences*, le *Livre du maître sur la biologie des populations humaines* et le futur *Manuel de l'Unesco pour les enseignants scientifiques.*

Formation

1. Des programmes d'échanges d'enseignants devront être élaborés et l'on devra s'efforcer de minimiser toutes les difficultés relatives à ces échanges.
2. On pourrait créer des centres nationaux ou régionaux d'enseignants scientifiques pour aider à l'amélioration de l'enseignement des sciences à tous les niveaux. Ces centres devront être reliés efficacement les uns aux autres grâce au réseau de coopération proposé.
3. Il faudrait rechercher des spécialistes afin de s'assurer leur contribution pour améliorer l'enseignement de la biologie, à travers une coopération internationale dans le domaine de la mise au point des programmes et de l'évaluation de ces derniers.

Groupes nationaux d'étude et réunions

L'Unesco devra poursuivre son soutien aux groupes d'étude nationaux ou régionaux dans le domaine de l'enseignement de la biologie ; leur création est vivement souhaitable et ils devront être composés d'enseignants et d'autres personnes intéressées par l'enseignement. Les groupes déjà existants devront continuer de recevoir l'aide de l'Unesco et être renforcés afin de pouvoir mener à bien leurs activités : rénovation des programmes, colloques et séminaires pour les maîtres, réunions élargies à des personnes ayant un plus large éventail d'intérêts.

Bibliographie

Cohen, D. (ed.). *The ICASE newsletters.* Vol. 1 et 2. London, International Council of Associations for Science Education/Fédération internationale des associations de professeurs de sciences (FIAPS), 1974-1975.

Lockard, J. D. *Science and mathematics curricular developments internationally, 1956-1974.* Science Teaching Center, University of Maryland, College Park, Maryland, 1975. 395 p.

—. *The eighth report of the International Clearinghouse on science and mathematics curricular developments — 1972.* American Association for the Advancement of Science and the Science Teaching Centre, University of Maryland, College Park, Maryland, 1972. 858 p.

—; Helgeson, S. L.; Howe, R. W.; Wheatley, J.; Wright, E. L. *Working international bibliography on trends in biological education, 1975.* Paris, Unesco, 1975. 347 p.

Unesco. *Tendances nouvelles de l'enseignement de la biologie.* Vol. I, II et III. Paris, Unesco.

Conclusions

Il y a vingt ans et plus l'enseignement de la biologie mettait l'accent essentiellement sur l'étude des êtres vivants dans ses aspects les plus descriptifs (morphologie, anatomie, systématique) et sur l'activité du maître dans la classe. Il s'agissait de cours magistraux, suivis ou non de travaux pratiques qui étaient dans les meilleurs cas la vérification par les élèves des affirmations énoncées pendant le cours. Dans la plupart des cas, l'activité des élèves se ramenait essentiellement à un effort de mémorisation d'un grand nombre de faits, ce que manifestaient nettement les sujets d'examens.

Enfin, ce contenu était souvent défini au départ dans les pays industrialisés, puis exporté sans aucune adaptation vers les pays en développement.

Au cours de ces vingt ans, la biologie s'est beaucoup développée, aussi bien sur le plan des connaissances des êtres vivants que sur celui des techniques utilisées. De plus, on a mis l'accent sur les conséquences de ces nouvelles acquisitions pour le bien-être de l'humanité en général. Il est possible d'incorporer progressivement ces nouveautés dans les cours de biologie, au niveau des programmes scolaires et universitaires.

Tout le monde s'accorde à penser que le point de départ de cette innovation a été, dans les pays anglophones, les travaux du Biological Sciences Curriculum Study (BSCS) aux Etats-Unis (1952), et un peu plus tard, ceux de la Nuffield Foundation (1962) au Royaume-Uni, dans lesquels on trouve présentes des connaissances et des techniques modernes : on met davantage l'accent sur le processus de la recherche scientifique et on stimule l'élève par les expériences et la découverte.

Dans une première étape, quelques pays ont traduit telle ou telle partie des versions du BSCS, après adaptation ou non ; ailleurs on a créé des enseignements originaux qui, tout en utilisant une partie de l'expérience étrangère, étaient mieux adaptés aux besoins et aux problèmes locaux, aux mentalités et aux préoccupations et se servaient des exemples indigènes. Enfin, un petit nombre de pays diversifiaient l'enseignement en fonction des aptitudes des élèves auxquels il s'adressait. Dans tous les cas, la tendance générale s'orientait vers un enseignement plus centré sur l'enfant et son milieu immédiat.

Devant ce "morcellement" dans l'évolution de l'enseignement de la biologie à l'échelle mondiale, on pouvait craindre qu'un congrès regroupant, autour de douze thèmes, 200 participants de plus de 50 pays très différents, dans lesquels ils occupent des fonctions assez diversifiées – certains enseignant au niveau du primaire, du secondaire ou à l'université, d'autres étant spécialistes de recherche pédagogique, de psychologie de l'enfant, etc. – fût l'occasion d'échanges enrichissants, certes, mais très hétérogènes, voire contradictoires. Au contraire, au cours des discussions de ces thèmes, s'est dégagé un large consensus sur un certain nombre de points dans les douze groupes de travail. Les points d'accord servent de base à ces conclusions.

Place de l'enseignement de la biologie

La biologie est une composante importante de l'éducation de tous, et comme son enseignement participe à l'enrichissement linguistique et à l'épanouissement général de l'enfant, il doit couvrir l'ensemble de la scolarité obligatoire, depuis l'école primaire jusqu'à l'entrée à l'université, avec une bonne coordination verticale entre les différents niveaux d'enseignement successifs.

Il se pose également le problème de la coordination avec les disciplines voisines. Or, si l'intégration de l'enseignement au moins scientifique au niveau de l'enseignement primaire semble avoir permis un accord, celui de l'intégration à des niveaux plus élevés a été controversé. Néanmoins, ce problème de coordination horizontale doit être posé, car il est lié à l'efficacité de l'enseignement.

Réalisation des curriculums

Ceux-ci ne doivent plus être définis à partir du seul contenu, mais conçus en fonction des objectifs qu'on espère attein-

dre avec un tel enseignement. Pour chaque pays, les objectifs doivent tenir compte à la fois du caractère universel des grands principes de la biologie et du caractère local des événements biologiques que l'enfant peut percevoir.

C'est pourquoi les curriculums seront davantage centrés sur l'enfant, son contexte, ses motivations, ses besoins, son devenir. Ils tiendront compte du fait que dans la société où il est appelé à vivre l'enfant recevra une grande quantité d'informations des mass media ; on ne peut donc plus attendre de l'élève la seule mémorisation d'un contenu, mais il convient de le préparer en vue d'une éducation informelle prolongée, au cours de laquelle il devra arriver à un tri de toute cette information.

Tout cela suppose un changement au niveau des méthodes d'enseignement, avec une priorité à l'expérience directe, surtout chez le jeune enfant, ce qui ne signifie pas une méthode de découverte anarchique, mais une progression où l'élève est guidé par le maître en fonction des objectifs déterminés. La mémorisation " par cœur " sera remplacée par l'élaboration de concepts en un savoir organisé que le jeune pourra continuer à affiner et à étendre au cours de ses expériences. On cherchera à développer chez l'enfant un certain nombre de savoir-faire dont certains sont utilisables dans des situations extérieures à la classe ; cela ne peut s'obtenir qu'avec une diversification des méthodes d'enseignement.

Pour ce qui est des contenus, on a noté un peu partout au cours des dernières années l'existence de " modes " comme celles de l'écologie et de la biologie moléculaire. Il est apparu qu'avant d'accepter ou de rejeter de telles tendances, il convenait de se demander qu'elle était l'importance de ces domaines dans la formation du futur adulte et de donner une part plus grande à la biologie sociale, à la biologie de l'environnement ou à l'étude des populations humaines qu'il ne l'est fait actuellement dans la majorité des curriculums. Enfin, les curriculums ne pourront vraiment être considérés comme satisfaisants qu'après une évaluation digne de ce nom, non seulement au cours de la réalisation du curriculum lorsqu'il est sous sa forme provisoire, mais aussi sur le " produit fini ", et ce en suivant des enfants durant plusieurs années pour constater l'impact réel. Il va de soi que pour l'objectivité de cette évaluation, il faut que ceux qui évaluent les curriculums ne soient pas ceux qui les ont réalisés.

Le contrôle des connaissances

Si l'on souhaite une diversification des savoir-faire au-delà de la simple mémorisation factuelle par l'élève, les contrôles de l'élève devront s'adapter à ces changements d'objectifs.

Rares sont les pays où la biologie joue un rôle important dans la sélection ; le problème s'en trouve un peu simplifié. Le contrôle pourra ainsi s'orienter vers une fonction de diagnostic, une sorte de relation entre le maître et l'élève, afin que l'un et l'autre sachent dans quelle mesure certains objectifs de l'enseignement ont été atteints.

Compte tenu de la diversité de ces objectifs, le rappel pur et simple de données ne peut plus être suffisant à lui seul et il convient de varier autant que possible les types d'épreuves.

La formation des enseignants

Il existe dans la plupart des pays deux catégories distinctes de personnes concernées par l'évolution de l'enseignement : d'une part, les responsables des modifications des curriculums, d'autre part, les professeurs qui travaillent au contact des élèves ; ceux-ci ont subi une formation initiale devenue souvent périmée et une formation permanente qui, lorsqu'elle existe, est souvent plus scientifique que pédagogique. Les premiers se plaignent de la lenteur et de l'inefficacité de la diffusion des innovations parmi les enseignants — en moyenne on constate que moins de 30 % des enseignants sont touchés par les efforts de modernisation au bout de plusieurs années — et leur manque de motivation pour les cours de recyclage ; les seconds s'estiment tenus à l'écart de la recherche pédagogique pour laquelle ils se sentent une certaine compétence et une certaine capacité de jugement et se disent exposés à des réformes sans y avoir été préparés et sans avoir pu en discuter.

La solution semble être, d'une part, d'associer beaucoup plus étroitement les enseignants à la recherche pédagogique — ce qui permettrait de connaître très tôt les difficultés et les réticences qui se manifesteront au moment de la mise en place de nouveaux curriculums et d'assurer une meilleure efficacité de cette modernisation — et, d'autre part, de confier formation initiale et formation permanente aux mêmes organismes responsables, ce qui donnerait un corps enseignant plus cohérent. Les enseignants s'habitueraient ainsi progressivement et de proche en proche à de nouvelles méthodes pédagogiques et à certains aspects de la technologie de l'éducation, moyens audio-visuels par exemple, non seulement en ce qui concerne leur mode d'emploi, mais aussi leur utilisation à bon escient, sans excès.

Les progrès réalisés au cours des vingt dernières années l'ont été en partie grâce à une coopération internationale qui, outre une certaine émulation, a permis une efficacité accrue ; le rôle de l'Unesco n'a pas été négligeable dans ce domaine, mais cette coopération n'a pas atteint son maximum, et il conviendrait de l'améliorer pour que chaque pays puisse faire une étude critique des expériences et des erreurs faites ailleurs et, simultanément, pour remettre en question certains aspects de son enseignement en le confrontant à des idées différentes.

Des échanges accrus sont aussi nécessaires à l'intérieur d'un même pays entre les différentes catégories d'adultes concernés, ainsi qu'au sein des associations de professeurs et même de chaque école ou de chaque groupe d'écoles. Cela ne peut qu'enrichir, avec le minimum d'efforts, les enseignants dans leur ensemble et, par là même, les enfants qui leur sont confiés.